Universidade Técnica de Lisboa

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

ESTRUTURA, CRESCIMENTO E PRODUÇÃO EM POVOAMENTOS DE PINHEIRO BRAVO. UM MODELO DE SIMULAÇÃO

Fernando Páscoa

Lisboa - 1987

Como referenciar este documento:

Páscoa, F., 1987. Estrutura, crescimento e produção em povoamentos de pinheiro bravo. Um modelo de simulação. Tese de doutoramento, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

Universidade Técnica de Lisboa

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

ESTRUTURA, CRESCIMENTO E PRODUÇÃO EM POVOAMENTOS DE PINHEIRO BRAVO. UM MODELO DE SIMULAÇÃO

Manuel Fernando de Miranda Páscoa

Lisboa - 1987

Resumo

Com base nos resultados de inventários sucessivos nas mesmas parcelas, e numa função de distribuição de probabilidades (Weibull), elaborou-se um modelo matemático capaz de simular a evolução da estrutura, do crescimento e da produção dos povoamentos de pinheiro bravo. O modelo apresentado só é aplicável à Mata Nacional de Leiria, uma vez que as componentes utilizadas para o testar foram elaboradas a partir de dados aí colhidos. No entanto, e dispondo-se de dados respeitantes a outras zonas, admite-se que a metodologia aqui delineada possa ser utilizada sem alterações de fundo.

Assumindo que a estrutura do povoamento pode ser representada por sucessivas distribuições de Weibull, a sua evolução no tempo é estimada pelas projecções de algumas variáveis (diâmetro mínimo, 93º percentil, área basal e número de árvores vivas), que em conjunto permitem a reconstituição (recovery) das novas estruturas. Na medida em que as operações culturais também afectam a estrutura do povoamento, recorreu-se ao mesmo método para modelar os desbastes.

Adoptada uma metodologia, e modeladas as componentes necessárias (classes de qualidade, sobrevivência, altura da árvore individual, projecção das variáveis caracterizadoras de novas estruturas, execução de desbastes e cálculo de volumes), elaborou-se o modelo de simulação em linguagem Fortran Standard, constituído por um programa principal e 29 subprogramas. Para iniciar simulações, uma série de opções alternativas são postas à disposição do utilizador numa forma interactiva, e muitas especificações são possíveis ainda no corpo do programa.

Faz-se a descrição sucinta do modelo nas partes que o constituem, e apresenta-se a forma de correr o programa e de como são apresentados os resultados. A validação do modelo, com oito parcelas não usadas na elaboração das componentes, demonstra a sua eficácia global.

Efectuadas 3 simulações alternativas no que respeita à condução do povoamento (oportunidade e intensidade dos desbastes), os resultados foram apresentados e analisados sob ponto de vista técnico e económico. A questão da explorabilidade foi abordada, e verificada a adequação dos resultados das simulações para a fixação do seu termo.

Da análise técnica e económica dos resultados puderam extrair-se também algumas conclusões, sobretudo no que respeita à influência da idade do primeiro desbaste no futuro do povoamento em termos qualitativos, nos efeitos da competição sobre o crescimento em altura, em diâmetro e na forma das árvores, no efeito do tipo de condução em termos de análise benefícios/custos, e ainda sobre outros assuntos com inegável interesse para a gestão florestal.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICAÇÃO

O progressivo aumento da procura de material lenhoso em todo o mundo tem orientado os técnicos florestais no sentido de tentar maximizar o crescimento e a produção dos povoamentos. Vários factores têm marcada influência no nível de produtividade dessas áreas e é sobre esses factores que tem incidido o seu esforço de compreensão.

É comunmente aceite que uma produção maximizada numa dada área exige que esta seja mantida a um nível óptimo de crescimento ao longo da sua revolução. E para encontrar e manter este nível, torna-se necessário dominar os aspectos do crescimento das árvores em várias situações de competição, espaçamento, classe de qualidade e idade.

Os estudos efectuados em parcelas permanentes poderão eventualmente vir a dar informações preciosas neste domínio. Mas como vários autores já apontaram também, o material experimental actualmente disponível é pouco adequado a trabalhos de precisão, e só nos últimos anos foram instalados ensaios com repetições ou análises factoriais, com combinações de tratamentos capazes de dar respostas em casos de comparações alternativas (JOHNSTON *et. al.*, 1967; PÁSCOA, 1984). Mas mesmo que os ensaios em curso tenham sido iniciados há mais de vinte anos, muitos mais se terão de esperar para que os resultados possam ser interpretados. Isto admitindo que as metodologias adoptadas na instalação dos ensaios permitem de facto conclusões sobre o crescimento óptimo, que conduz a uma produção maximizada para uma dada situação estacional.

Com o desenvolvimento da informática, outros meios foram postos à disposição do investigador florestal, que lhe permitem ultrapassar parcialmente mas com uma certa segurança, aquele tipo de problemas. Através de

técnicas de simulação é-lhe agora possível considerar métodos alternativos de instalação e condução dos povoamentos, e os seus efeitos sob ponto de vista do crescimento e da produção. A elaboração e validação destes modelos tem sido feita a partir de dados colhidos em parcelas temporárias ou semi-permanentes, relativas a estudos de produção anteriores ou actuais, ou mesmo de dados colhidos expressamente para o efeito.

A possibilidade de poder inferir resultados correspondentes a vários períodos de crescimento sujeitos a restrições pré estabelecidas, confere a estes modelos um lugar de destaque no panorama actual do processo de conhecimento florestal, como instrumentos altamente eficazes na gestão dos povoamentos.

O pinheiro bravo (*Pinus pinaster* Ait.) é a espécie florestal com maior representatividade no nosso país (44% da área florestada, 1.3 milhões de hectares). Só este argumento, e pelas suas implicações económicas e sociais, seria mais que suficiente para justificar todos os esforços conducentes à elaboração dos instrumentos de trabalho necessários a uma mais eficiente gestão desta área.

Foi com o objectivo de elaborar alguns desses instrumentos que se deu início em 1977 no Instituto Nacional de Investigação Agrária a uma linha de trabalho, integrada no Programa de Produção Florestal. Nessa linha foram sendo realizados alguns estudos - vários dos quais já publicados [1] - que muito contribuiram para a concepção final do modelo de crescimento e produção que se explana ao longo deste trabalho.

1.2 OBJECTIVOS

A manutenção de um nível óptimo de produtividade nos povoamentos florestais exige um conhecimento aprofundado dos processos de crescimento das árvores que o constituem, e das relações de competição que entre elas se estabelecem na luta pelo espaço vital que lhes assegura a luz, a água e os elementos minerais indispensáveis, e que òbviamente afectam o seu desenvolvimento.

A compreensão destes princípios e das suas inter-relações torna-se indispensável à quantificação dos processos de crescimento e dos efeitos da competição, ou de quaisquer outros factores que venham a ser considerados como influentes na evolução dos povoamentos.

Os aspectos quantitativos da produção florestal foram até há poucos anos

[1] *Custos de instalação de um ensaio de espaçamentos na Mata Nacional do Valado.* EFN (dact.), 1978; *Áreas óptimas das parcelas de amostragem.* Notas Técnico-Científicas nº 4. EFN, 1984. *Determinação do volume total em povoamentos de P.bravo.* GEF-ISA, 1984.

limitados à avaliação de volumes em pé - usando tabelas de volume de simples ou dupla entrada - ou à projecção dos povoamentos actuais no futuro em termos de volume, com o recurso a tabelas de produção. Este último aspecto, projecção no futuro, é de vital importância na gestão florestal, e consequentemente as tabelas de produção sofreram uma evolução positiva ao longo do último século, afim de poderem dar resposta às questões cada vez mais complexas, que ultrapassavam o âmbito inicial do simples volume. Das iniciais tabelas normais até às mais recentes tabelas de densidade variável, um longo caminho foi percorrido com o fim de pormenorizar a informação. Mas as solicitações actuais em termos de alternativas de condução, e a necessidade de ir mais fundo nos aspectos quantitativos dos processos biológicos, ultrapassam largamente o âmbito limitado das tabelas de produção. Ao gestor moderno já não interessa sòmente a estimativa da produção ao longo do tempo, mas sobretudo a interpretação dos processos que conduzem à sua formação, por forma a poder manipulá-los e tirar deles a máxima rentabilidade.

No presente trabalho procura-se avançar neste campo e, no caso do pinheiro bravo, modelar o desenvolvimento de cada uma das componentes do crescimento em volume, de modo a poder fazer predições com base nas condições existentes e nos tratamentos, que alterarão certamente os seus valores finais. Estes objectivos podem ser alcançados através da representação quantitativa das variações observadas nos povoamentos e nas árvores que os constituem, como reflexo da idade, dos tratamentos que lhes são impostos e das condições estacionais.

Concretamente, o objectivo principal será a quantificação das componentes básicas do crescimento dos povoamentos de pinheiro bravo, com o fim de elaborar modelos que devidamente harmonizados possam servir para construir um modelo global de crescimento e produção, com capacidade de executar simulações quer nas condições iniciais dos povoamentos quer nos esquemas de condução adoptados, e ao mesmo tempo de os caracterizar sob ponto de vista da sua estrutura e do volume produzido. Poder-se-à assim fazer a avaliação técnica e económica das alternativas simuladas, e elaborar esquemas de condução mais eficazes, conducentes ao aproveitamento maximizado das potencialidades das estações e da espécie, em termos quantitativos e até qualitativos.

1.3 EVOLUÇÃO DOS MODELOS

Pode considerar-se ainda hoje o universo dos modelos de crescimento e produção das espécies florestais como dividido em três grandes grupos: dois deles baseados nas características das árvores individuais, tendo a distingui-

-los a dependência ou independência da distância entre elas, e um terceiro que utiliza simplesmente as características dos povoamentos (MUNRO, 1974).

1 Como exemplo do primeiro grupo temos o trabalho pioneiro de NEWNHAM (1964), que é talvez o mais conhecido. Posteriormente, modelos com o mesmo tipo de concepção foram elaborados por LEE (1967), LIN (1970), BELLA (1971), MITCHELL (1969), ARNEY (1972) para só citar os primeiros. Utilizam um conceito de competição baseado na interpenetração dos círculos de competição das árvores do povoamento, sendo o círculo de competição individual normalmente definido como função do *DAP* das árvores. Estes modelos podem fornecer informação bastante detalhada acerca da estrutura do povoamento e das suas árvores individualmente, mas a difícil expressão do significado biológico da competição em termos de efeitos no crescimento, a necessidade de dados colhidos expressamente para este efeito - entre outros a elaboração de cartas do povoamento - e o excessivo tempo consumido em operações de cálculo constituem as suas maiores desvantagens (MUNRO, 1974).

2 O outro grupo de modelos que também utiliza as características das árvores individuais, diferencia-se do primeiro por não lhe ser necessária informação sobre as distâncias relativas entre elas. O crescimento de cada árvore é modelado individualmente - ou em grupos de classes de diâmetro - através de funções matemáticas apropriadas. Os modelos elaborados nesta base, embora tenham em comum este princípio, diferem muito uns dos outros especialmente nas técnicas de modelação do crescimento e da mortalidade. Dos mais simples, como o de LEMON e SCHUMACHER (1962), até aos mais elaborados como o de DRESS (1970), passando pelo de GOULDING (1972) que se poderá eventualmente classificar como intermédio em termos de complexidade, todos eles fornecem informações satisfatórias, embora menos pormenorizadas que o grupo anterior. Como vantagem em relação àquele, este apresenta uma maior economia em tempo de cálculo, e o facto de não ser necessária a elaboração de cartas dos povoamentos.

3 O terceiro grupo, que utiliza as características globais dos povoamentos - modelos de povoamento - é sem duvida o que é objecto da atenção dos investigadores florestais há mais tempo, se considerarmos as tabelas normais convencionais como um modelo de crescimento e produção. É claro no entanto que entre aquelas tabelas normais e os modernos modelos de produção do mesmo tipo, a semelhança é diminuta. O recurso ao cálculo automático permitiu o desenvolvimento de modelos complexos que trabalham um número quase ilimitado de variáveis. Alguns dos modelos elaborados segundo este critério permitem já a simulação de práticas de condução (HOYER, 1972; MYERS, 1971; HAMILTON e CHRISTIE, 1974), o que conjugado com critérios económicos possibilita a comparação de opções alternativas (MUNRO, 1974). Até esta data, este tipo de modelos só permitia a

análise dos povoamentos em termos de parâmetros médios, mas os trabalhos de BAILEY e DELL (1973) e STAGE (1973) sobre distribuição de diâmetros, permitiram dar um importante passo em frente na pormenorização da capacidade de resposta deste tipo de modelos. A conjugação da distribuição de diâmetros com a evolução de determinados parâmetros do povoamento necessários à sua reconstituição, faz já uma desagregação por classes de *DAP*, e fornece consequentemente uma informação bastante detalhada, que pode constituir um poderoso instrumento de trabalho na avaliação de opções alternativas de instalação e condução de povoamentos. É o caso dos modelos elaborados mais recentemente por GRIDER e BAILEY (1984), MATNEY *et.al.* (1985) e ZARNOCH (1985). Este tipo de modelos apresenta como importantes vantagens a capacidade de utilização dos dados de um inventário convencional e a simplicidade e rapidez de cálculo.

Capítulo 2

CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL UTILIZADO

2.1 ÁREA ESTUDADA

A área em que foram colhidos os dados foi já caracterizada num trabalho anterior (PÁSCOA, 1984), pelo que será aqui abordada mais resumidamente.

Trata-se da Mata Nacional de Leiria, instalada numa zona que não apresenta declives significativos, assumindo antes um carácter levemente ondulado, excepção feita para os vales das ribeiras que a atravessam no sentido leste-oeste, onde a inclinação das vertentes impede a normal exploração em virtude da necessidade de protecção contra a erosão em primeiro lugar, e da preservação da paisagem em segundo.

Os solos são homogéneos, podzois típicos bastante pobres em elementos nutritivos devido à natureza do solo e à fraca mineralização da matéria orgânica (FIGUEIREDO, 1978).

Sob ponto de vista climático, é uma zona de equilíbrio entre as condições atlântica e mediterrânica (MAxAM), caracterizada por uma precipitação média anual da ordem dos 900-920 mm. (OLIVEIRA, 1986). A temperatura média anual é de cerca de 15^oC.

Na sua caracterização autofítica (OLIVEIRA, 1986), verifica-se que é a zona do carvalho português *(Quercus lusitanica,* carvalho marcescente da Extremadura, do *Pinus pinea* e do *Pinus pinaster).*

A vegetação expontânea mais representativa encontrada na área estudada foi a *Calluna vulgaris*, a *Erica scoparia* e a *Mollinea caerulea*, tomando esta última espécie uma nítida dominância, que revela o carácter mesófilo das estações (FIGUEIREDO, 1978).

2.2 DADOS DE BASE

Os dados usados neste trabalho foram colhidos em povoamentos com origem em sementeiras - os mais antigos e alguns dos recentes - e em plantações. São susceptíveis de tratamento conjunto por se ter verificado que os primeiros foram sendo reduzidos progressivamente na sua densidade através da ocorrência de mortalidade e da incidência de limpezas que os colocaram em situações idênticas aos segundos, a partir de idades muito jovens (4-7 anos).

Esses dados foram já parcialmente caracterizados num trabalho anterior (PÁSCOA, 1984), e apresentam-se aqui sòmente as distribuições por classes de idade, produtividade, densidade e area basal (Anexo I).

Outros dados também utilizados mas ainda não mencionados naquele trabalho são os diâmetros à altura do peito (*DAP*) de todas as árvores das parcelas, e a sua distribuição por classes de diâmetro. A conversão em termos de hectare (unidade de superficie adoptada) é patente no exemplar de ficha de trabalho também apresentada no Anexo I.

As classes de diâmetro adoptadas são as tradicionalmente usadas nos inventários dos países que optaram pelo sistema decimal, ou seja, de 5 cms. De notar que esta adopção apresenta uma dificuldade acessória, que é o problema do enquadramento das árvores com diâmetros inferiores a 2.5 cms, que não se englobam em nenhuma das classes.

Neste caso, e por razões de ordem prática, a primeira classe de diâmetro $[2.5, 7.5[$ agrega não só as árvores que de facto a constituem, mas também todas as cujo *DAP* seja inferior a 2.5 cms. Os erros originados por este arranjo nesta classe de *DAP*, nos cálculos da altura, da área basal e do volume (enquanto a classe estiver representada) não são significativos, como se verificou nos casos ensaiados.

Para o estabelecimento do modelo de sobrevivência no caso de povoamentos ainda não desbastados, foram usados os dados de um ensaio de espaçamentos instalado em 1977 na Mata Nacional do Valado, bem como alguns dados colhidos em povoamentos jovens ainda não desbastados na Mata Nacional de Leiria com outro objectivo[1]. Quer uns quer outros destes dados estão também caracterizados no Anexo I.

Os desbastes efectuados são na sua maior parte aquilo que se convencionou chamar desbastes pelo baixo. Várias situações são no entanto de considerar. Se o povoamento é originário de plantação ou sementeira em linhas, regra geral o primeiro desbaste efectuado é um desbaste mecânico, em que se retira uma dada percentagem do número de árvores, com uma

[1]Parcelas instaladas para estudo de *Áreas Óptimas de Amostragem*, ALMEIDA *et. al.*, (1983).

percentagem equivalente na área basal. Se a origem do povoamento é por sementeira, o primeiro desbaste é já selectivo, embora com carácter diferente dos restantes. Em idades mais avançadas, uma boa distribuição das árvores de futuro por toda a área é um critério adicional normalmente observado.

O número total de desbastes registados nas 241 parcelas referenciadas foi de 73, bastante razoável para a quantificação da variação dos seus parâmetros caracterizadores.

Com o objectivo de poder decompor o volume total das árvores em classes de aproveitamento (madeira, rolaria e lenha) foram também utilizadas cubagens rigorosas de 600 árvores, divididas por 12 classes de 2 metros de altura (dos 6 aos 28 metros). Os dados colhidos nestas árvores foram os diâmetros a diferentes alturas, sobre e sob casca, usando como referência as alturas a 0.30 e 1.3 metros, e daqui para cima com um intervalo de 2 metros. Uma ficha de campo e um extrato do ficheiro criado a partir destes dados está patente também no Anexo I.

Capítulo 3

METODOLOGIA ADOPTADA

3.1 ESCOLHA DO MODELO GLOBAL

A inexistência de modelos de crescimento e produção para espécies florestais que cresçam em Portugal levou a um estudo aprofundado das metodologias adoptadas ou em desenvolvimento noutros países, contribuindo bastante para este trabalho o texto elaborado por MUNRO em 1974, que constituiu a referência até àquela data. Posteriores trabalhos são também aqui referenciados pela sua contribuição para o desenvolvimento dos modelos.

Da caracterização atrás sucintamente feita dos três tipos de modelos, sobressai uma progressiva simplificação de processos, conjugada por outro lado, a uma também menor complexidade no processo de recolha de dados. No que respeita a este último factor, a diferença vai da recolha de dados expressamente para aquele fim até à utilização dos dados de um inventário convencional.

Na ausência de modelos de qualquer tipo em Portugal, crê-se que o aprofundamento de uma metodologia conducente à utilização de dados já existentes - Inventário Florestal e outros estudos de produção - e a sua aplicação num caso concreto, é a via mais adequada para ultrapassar essa falha. No estado actual, a exploração de outras vias - com inegável interesse prático e teórico - pouco mais seria que um mero exercício académico, devido à escassez de dados disponíveis e também à inexistência de estruturas para os colher a curto/médio prazo nas áreas com maior interesse. Adequar portanto um trabalho de investigação à necessidade de cobertura do país com modelos de crescimento e produção elaborados a partir de dados do inventário florestal, é não só oportuno e possível, como necessário e urgente na conjuntura actual.

Acabou por se optar pelo desenvolvimento de um modelo de povoamento baseado numa distribuição diamétrica pelas razões acima apontadas, e também por se acreditar que é a via mais prática e mais rápida para dotar o país de um instrumento de trabalho de que carece há longo tempo.

3.2 MODELOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA

A distribuição de diâmetros é, de entre os factores simples do povoamento florestal, o mais relevante na caracterização da sua estrutura. O diâmetro mantem geralmente um estreito relacionamento com outras variáveis muito importantes na definição dos povoamentos, tais como o volume total, valor comercial, distribuição por classes de aproveitamento, etc.. A quantificação do número de árvores por classe de diâmetro e o seu relacionamento com a classe de qualidade, idade e densidade (numero de árvores por hectare) constitui, por exemplo, um indicador altamente valioso quer para fins económicos, quer biológicos.

Desde o fim do século passado que investigadores se têm preocupado com a elaboração de modelos que lhes permitissem estimar a distribuição de diâmetros. Trabalhos como os de LIOCOURT (1898), MEYER e STEVENSON (1943), MEYER (1952), SCHMELZ e LINDSEY (1965) e LEAK (1965) desenvolveram a distribuição em forma de "*J*" invertido para povoamentos irregulares e/ou mistos. Outras distribuições que foram objecto de atenção dos investigadores ao longo do tempo foram as séries de GRAM-CHARLIER (MEYER, 1930), a curva de crescimento de PEARL-REED (NELSON, 1964; OSBORNE E SCHUMACHER, 1935), os modelos de PEARSON (SCHNUR, 1934), a função GAMMA (NELSON, 1964) e o modelo LOG-NORMAL de três parâmetros (BLISS e REINKER, 1964). A função BETA, que não é mais que uma reparametrização do modelo mais geral de PEARSON (tipo I), foi também utilizada com o mesmo objectivo por CLUTTER e BENNETT (1965). Modelos baseados na função BETA foram posteriormente desenvolvidos e usados por McGEE e DELLA-BIANCA (1967), LENHART e CLUTTER (1971) e também por BURKHARDT e STRUB (1974).

BAILEY e DELL (1973) desenvolveram e adaptaram à distribuição de diâmetros uma função de distribuição de probabilidades apresentada por FISHER e TIPPETT em 1928, e posteriormente trabalhada por WEIBULL (1939) para aplicação em estudos de resistência de materiais. A importância destes trabalhos associou para sempre o nome deste último autor a esta função. O trabalho de BAILEY e DELL (1973) indica-a como a mais aconselhável na modelação da distribuição de diâmetros, e mostra os principais

processos para estimar os parâmetros. Segundo os autores, "nenhuma outra apresenta as mesmas qualidades quanto a flexibilidade, facilidade e diversidade nos processos de estimação dos parâmetros e simplicidade na manipulação algébrica". Posteriores trabalhos elaborados por MATNEY e SULLIVAN (1982a, 1982b) confirmaram a adequação do uso de processos de reconstituição (recovery) na estimação dos parâmetros da função de WEIBULL, a partir de algumas características do povoamento.

3.3 FUNÇÃO DE WEIBULL

Após um estudo comparativo das funções atrás enumeradas, e verificadas as vantagens reais apresentadas pela de WEIBULL de três parâmetros, quanto à flexibilidade (assume as formas de "J" invertido, assimétrica à esquerda e à direita e simétrica), à facilidade nos processos de estimação dos parâmetros e à simplicidade na manipulação algébrica, optou-se por esta para modelar a distribuição de diâmetros. A função de densidade de WEIBULL (BAILEY e DELL, 1973) é definida por

$$(1) \qquad \begin{array}{ll} f(x) = c/b((x-a)/b)^{c-1}e^{-((x-a)/b)^c} & (a > 0\ ,\ b > 0\ ,\ c > 0) \\ f(x) = 0 & (\text{ outras condições}) \end{array}$$

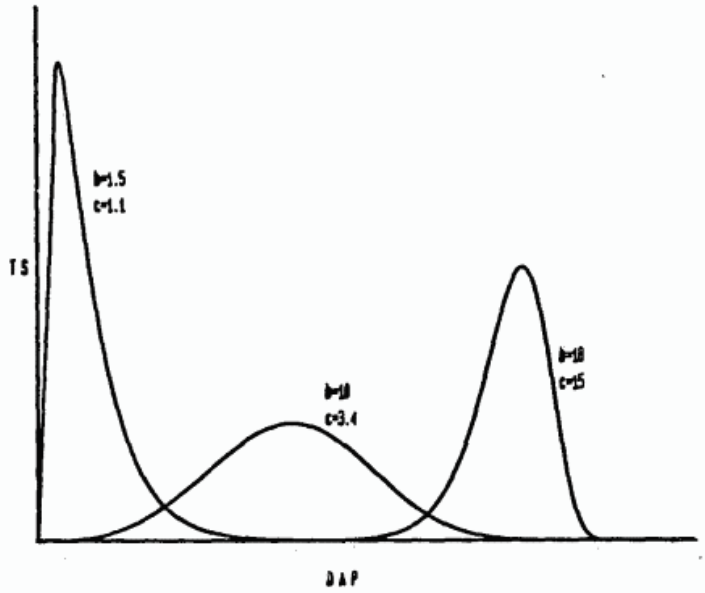
onde

a = parâmetro de localização
b = parâmetro de escala
c = parâmetro de forma
x = um dado diâmetro à altura do peito em centímetros

O parâmetro de localização "a" é o valor mínimo assumido pela distribuição de Weibull (neste caso será o diâmetro mínimo observado na população que se pretende caracterizar), e o parâmetro de escala "b" é uma medida da amplitude dessa mesma distribuição. O parâmetro de forma "c" determina, como o seu nome indica, a forma da distribuição. Assim, se o seu valor for igual ou inferior a 1, o valor de $f(x)$ diminui quando "x" aumenta, o que origina uma forma de "J" invertido; se o valor de "c" estiver contido no intervalo $]1, 3.6[$ ou $]3.6, \infty[$, as distribuições são dissimétricas, à direita no primeiro caso (média superior à moda), e à esquerda no segundo (média inferior à moda). Quando o parâmetro "c" assume um valor igual a 3.6, a distribuição é aproximadamente normal.

Esta função assume então uma série de formas adequadas à modelação da distribuição de diâmetros, dependentes do valor do parâmetro de forma "c", como se pode ver na Figura 1.

Fig. 1 - *Formas assumidas pela Função de Weibull*



A função cumulativa apresenta-se, por integração de (1)

$$F(x) = \int_0^x f(x)dx = 1 - e^{-((x-a)/b)^c} \tag{2}$$

onde

$F(x) =$ número de árvores com DAP menor ou igual a "x" .

A expressão (2) possibilita um grande número de cálculos necessários à caracterização dos povoamentos. Se se tiver "N" árvores por hectare, o número de árvores numa dada classe de diâmetro tendo por valor central "x" e por amplitude "$2w$" é dado pela diferenciação de (2)

$$Nx = N(F(x+w) - F(x-w)) \tag{3}$$

A expressão (2) pode também ser explicitada em relação a "x", resultando

$$x = a + b(-ln(1 - F(x)))^{1/c} \tag{4}$$

em que "ln" é o logaritmo neperiano. Se se substituir nesta expressão $F(x)$ por uma variável aleatória uniforme no intervalo $[0, 1]$, constitui-se um mecanismo capaz de gerar distribuições de diâmetros em estudos de simulação.

3.4 ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS. METODOLOGIA

Adoptada uma dada função de distribuição de diâmetros - WEIBULL - há agora que estimar os parâmetros para as diferentes estruturas dos povoamentos.

A forma mais adequada para ajustamento da função de WEIBULL depende antes de tudo da precisão desejada e da capacidade de cálculo disponível. Como vários métodos foram já desenvolvidos e testados, a escolha de um deles depende do fim em vista. BAILEY e DELL (1973) fazem uma revisão dos métodos até então utilizados, apontando vantagens e inconvenientes de cada um deles, bem como estimativas da sua precisão relativa. São entre outros apresentados o método da máxima verosimilhança e o método dos percentis, o primeiro de uma grande precisão mas de difícil cálculo, e o último menos preciso mas apresentando grandes vantagens quanto à facilidade de cálculo.

CASTRO (1985) faz uma nova revisão dos métodos de ajustamento da função de Weibull, e no seu trabalho opta por um processo misto que inclui o uso de regressão não linear baseado no método de aproximações sucessivas de Powell, com valores iniciais estimados pelo método dos percentis.

MATNEY e SULLIVAN (1982a, 1982b) demonstram também a possibilidade do recurso a métodos baseados em momentos e/ou mistos para fazer a reconstituição da distribuição de probabilidades, e o seu uso no desenvolvimento de modelos de crescimento e produção que recorram a distribuições diamétricas. Posteriormente GRIDER e BAILEY (1984), MATNEY *et.al.* (1985) e ZARNOCH (1985) elaboraram modelos de crescimento e produção com distribuições de diâmetros, em que a função escolhida foi também a de WEIBULL e os métodos usados foram respectiva e bàsicamente o dos percentis, o dos momentos e o do momento-percentil.

Convém fazer notar que os métodos apontados (percentis, momentos ou momento-percentil) são, dentro dos objectivos a alcançar, os mais adequados por poderem utilizar na reconstituição de uma distribuição valores de fácil identificação nos povoamentos, e susceptíveis de modelação ao longo da sua vida. GRIDER e BAILEY (1984) usaram o diâmetro mínimo, o 50º e o 95º percentis, MATNEY *et.al.* (1985) o diâmetro mínimo, o diâmetro "média aritmética" e o quadrado do diâmetro da árvore de área basal média, e ZARNOCH (1985) o diâmetro mínimo, o segundo momento da distribuição e o 93º percentil.

Em termos gerais o processo consiste na resolução de um sistema de três equações a três incógnitas (os parâmetros de WEIBULL "a" , "b" e "c"), a

partir de valores de variáveis do povoamento que o caracterizam nos pontos notáveis requeridos, regra geral o diâmetro mínimo porque caracteriza o ramo esquerdo da curva, o diâmetro médio, segundo momento ou um percentil à volta do 50º para definir a parte média e, para a parte direita da distribuição, um percentil entre o 80º e o 95º.

A fim de ilustrar o processo teórico de estimação dos parâmetros faz-se aqui um exemplo que utiliza o diâmetro mínimo, o segundo momento e o 93º percentil. As variáveis são as mesmas que vão ser usadas no trabalho, o que pode facilitar então a verificação dos métodos.

Se se assumir que o parâmetro de localização "a" pode ser estimado por uma simples função de projecção, então a função de WEIBULL fica reduzida a uma função de dois parâmetros com "a" fixo. Por outro lado, o segundo momento é

$$(5) \qquad E(X^2) = \int_a^\infty x^2 f(x)dx = a^2 + 2ab\Gamma(1+1/c) + b^2\Gamma(1+2/c)$$

em que $\Gamma(z)$ é a função gamma calculada no ponto z [1].

Se se fizer

$$x_p = \text{um percentil } (p) \text{ da distribuição } (0 < p < 1)$$

pode-se, a partir da expressão (2) explicitar o parâmetro de escala "b" resultando

$$(6) \qquad b = \frac{x_p - a}{[-ln(1-p)]^{1/c}}$$

0,95

Substituindo-se (6) em (5) e manipulando-se a forma pode obter-se

$$(7) \quad a^2 + 2a\,(x_p - a)\frac{\Gamma(1+1/c)}{-ln(1-p)^{1/c}} + (x_p - a)^2\frac{\Gamma(1+2/c)}{-ln(1-p)^{2/c}} - E(X^2) = 0$$

A expressão (7) pode ser resolvida por técnicas numéricas em ordem ao parâmetro de forma "c", fixado um determinado "p" e estimados os valores de "a", $E(X^2)$ e x_p.

Vários processos não lineares podem ser utilizados na resolução da expressão (7) em ordem a "c" (CONTE e BOOR, 1965). O programa em FORTRAN apresentado neste trabalho utiliza o método da bissecção, e os valores da função gamma são calculados através de uma expressão apresentada por ZARNOCH (1985) no seu trabalho [2].

---

[1] A função gamma é definida pelo integral $\Gamma(x) = \int_0^\infty t^{x-1}\ e^{-t}\ dt$.

[2] $\Gamma(x) = e^{(x-0.5)ln(x)-x+1/(12x)-1/(36\,E1\,x^3)+1/(1.26\,E3\,x^5)-1/(1.68\,E3\,x^7)+1/(1188\,E1\,x^9)}$
$e^{-6.91\,E2/(36036E1\,x^{11})+1/(1.56\,E2\,x^{13})+0.918938533204673-\ln(x)}$

Embora a escolha de "p" seja arbitrária, deverá ser baseada em algum critério. Verificando que os restantes estimadores caracterizam o ramo esquerdo (a) e o centro da distribuição $(E(X^2))$, será conveniente usar como terceiro estimador um percentil que caracterize o ramo direito da distribuição, aliás o mais importante nestes casos por representar as árvores mais grossas. Convém portanto usar um percentil entre o 80º e o 95º (ZARNOCH (1985) aconselha o 93º e GRIDER e BAILEY (1984) o 95º).

Substituindo em (6) e (7) o "p" pelo valor adoptado para percentil (por exemplo o 93º) resultam

$$(8) \qquad a^2 + 2a(x_{.93} - a)\frac{\Gamma(1+1/c)}{2.65926^{1/c}} + (x_{.93} - a)^2\frac{\Gamma(1+2/c)}{2.65926^{2/c}} - E(X^2) = 0$$

$$(9) \qquad b = \frac{x_{.93} - a}{2.65926^{1/c}}$$

Resolvendo (8) em ordem a "c" e substituindo em (9), obtem-se igualmente o parâmetro de escala "b". Estes parâmetros em conjunto definem completamente a distribuição de WEIBULL. Para o efeito torna-se necessário um estimador para o 2º momento $E(X^2)$, e neste caso serve perfeitamente o quadrado do diâmetro da árvore de área basal média (ZARNOCH, 1985).

Capítulo 4

ELABORAÇÃO DE COMPONENTES PARA O MODELO

4.1 CARACTERIZAÇÃO

Para estimar a evolução de um povoamento ao longo do tempo, dada a condição de que as suas sucessivas distribuições diamétricas possam ser representadas por uma série de distribuições de WEIBULL, torna-se necessário um conjunto de equações de predição dos valores das variáveis escolhidas - neste caso o parâmetro de localização "a" através do diâmetro mínimo, o 2º momento e o 93º percentil - que podem ser ajustadas a partir de características de fácil identificação nos povoamentos, como a idade, diâmetros das árvores, classe de qualidade ou altura dominante, árvores plantadas ou vivas por unidade de superfície etc.

Três situações distintas se nos apresentam quando se pretende modelar a evolução de povoamentos sujeitos a operações culturais.

Nas primeiras idades e antes de qualquer desbaste, o problema é relativamente pouco complexo pois trata-se de, a partir das caracteristicas iniciais, projectar para uma determinada idade as variáveis necessárias à reconstituição da distribuição diamétrica. Trata-se de uma situação a que passaremos a chamar "povoamentos não desbastados".

Imediatamente após a primeira intervenção cultural, deixam de ser as características iniciais do povoamento as únicas com influência na sua evolução. Neste caso já as "variáveis de estado", ou seja, as variáveis que são o reflexo directo ou indirecto das intervenções anteriores e caracterizam o estado actual do povoamento, jogam um papel muito importante. Trata-se agora de

uma situação a que se passará a chamar de "povoamentos prèviamente desbastados".

A execução de um desbaste modifica obrigatoriamente a estrutura dos povoamentos. Na medida em que essa estrutura é afectada, também o serão as variáveis de que nos servimos para o caracterizar sob esse ponto de vista. Este princípio vai permitir-nos assim, a partir de uma dada situação estrutural em que se conhece o valor das variáveis de estado, simular a execução de desbastes através de equações de projecção dessas mesmas variáveis. E trata-se da terceira situação que se pretende modelar e que se designará por "execução dos desbastes".

Para além das três situações tipo agora caracterizadas, torna-se imprescindível conhecer o comportamento dos povoamentos estudados nas diferentes condições em que se apresentam. Para tal foi necessário elaborar modelos para a determinação de classes de qualidade dos povoamentos, para a sobrevivência e para a altura individual das árvores que os constituem. A questão do volume é também abordada neste capítulo e de uma forma inédita entre nós, como mais uma componente de primordial importância na pormenorização do resultado final, necessária aos cálculos económicos que permitirão as opções mais vantajosas.

De notar que na elaboração destas componentes foi sempre tomado em conta o comportamento biológico dos modelos adoptados, quer isoladamente quer no seu conjunto. Este formará assim uma rede coerente de modelos, cujo comportamento biológico foi constantemente verificado e harmonizado.

4.2 CLASSES DE QUALIDADE

Quando se procura estimar a produção ou a produtividade de um povoamento, uma das primeiras necessidades que se apresentam é o estabelecimento das classes de qualidade, que manifestam a produtividade potencial de uma dada combinação de factores edafo-climáticos - nutrientes acessíveis, luz, água e temperatura entre outros - para a espécie florestal em estudo.

Até agora, o indicador considerado mais apropriado para este efeito tem sido a altura dominante - altura das 100 árvores mais grossas por hectare - por constituir, de entre as variáveis de mais fácil caracterização no campo, aquela que é menos afectada pelo tipo de condução exercido.

Igualmente neste caso, uma das primeiras preocupações foi estabelecer classes de qualidade capazes de enquadrar toda a zona estudada. Esta questão tinha já sido abordada por AMARAL (1980), que estabeleceu as suas classes a partir de uma curva guia e de um método percentual de segregação de curvas. Os resultados desse processo foram os adoptados por PÁSCOA

(1984) no seu trabalho de determinação do volume total.

Mas um modelo como o que se pretende construir exige processos mais flexíveis e que ao mesmo tempo permitam abordar o problema do estabelecimento das classes de qualidade por vários ângulos. Foi o que se tentou com o método que se explana em seguida, e que cumpre integralmente os fins em vista.

Normalmente obtêm-se bons resultados quando se expressa a altura dominante (HD) como função da idade (SA) na forma

$$HD = 10^{b0+b1(SA^{-1/2})} \tag{10}$$

Esta expressão (BAILEY E CLUTTER, 1974) é susceptível de ser linearizada se se tomar o logaritmo de ambos os termos, do que resulta

$$log\ HD = b0 + b1\,(SA^{-1/2}) \tag{11}$$

Ora se os resultados são bons quando se ajusta esta expressão aos valores observados, é lícito fazer então, para uma idade padrão I a que corresponde a altura dominante SI

$$log\ SI = b0 + b1\,(I^{-1/2}) \tag{12}$$

Da expressão (11) pode obter-se, por manipulação

$$b0 = log\ HD - b1\,(SA^{-1/2}) \tag{13}$$

Substituindo agora (13) em (12), e manipulando novamente, pod
-se

$$log\ SI = log\ HD + b1\,(I^{-1/2} - SA^{-1/2}) \tag{14}$$

que na sua forma não linear se apresenta como

$$SI = HD\,10^{b1(I^{-1/2}-SA^{-1/2})} \tag{15}$$

Igualmente é lícito fazer a partir de (14), e novamente por manipulação

$$\log\ HD = \log\ SI - b1\,(I^{-1/2} - SA^{-1/2}) \tag{16}$$

de que resulta na forma não linear

$$HD = SI\,10^{-b1(I^{-1/2}-SA^{-1/2})} \tag{17}$$

$= SI\,10^{\left(-\frac{b1}{\sqrt{I}} + \frac{b1}{\sqrt{SA}}\right)}$

Do ajustamento de (10) aos dados disponíveis, e por um processo não linear (BMDP3R), resultou

$10^{1.640880} - 2.694076\, SA^{-1/2}$

(18) $$HD = 10^{1.640880 - 2.694076}\, SA^{-1/2}$$

$n = 241 \qquad R^2 = 0.84 \qquad F = 625$

Substituindo agora em (15) e (17) o parâmetro b1 e a idade padrão I pelos seus valores (respectivamente -2.694076 e 50), resultam equações que expressam a classe de qualidade como função da altura dominante e da idade, e a altura dominante como função da classe de qualidade e da idade.

(19) $$S_{50} = \overset{10.3}{HD}\, 10^{-0.380999 + 2.694076\, \overset{15}{SA}^{-1/2}}$$

15 anos 10.3
35 anos 15

(20) $$HD = S_{50}\, 10^{0.380999 - 2.694076\, \underset{15}{SA}^{-1/2}}$$

O conjunto destas duas expressões resolve todos os problemas respeitantes à determinação da classe de qualidade e da altura dominante, permitindo uma dupla abordagem do assunto consoante os conhecimentos disponíveis àcerca dos povoamentos em questão.

4.3 SOBREVIVÊNCIA

A evolução no tempo do número de árvores vivas por unidade de superfície assume, na MATA DE LEIRIA, dois aspectos bem distintos: um primeiro quando se trata de povoamentos ainda não desbastados (que podem atingir a idade de quinze anos), e um segundo que retrata os povoamentos prèviamente desbastados.

No primeiro caso assiste-se a uma típica redução progressiva do número de árvores por unidade de superfície, que se modelou como função de diferentes grupos de variáveis, a fim de poder contornar possíveis falhas na caracterização dos povoamentos até à idade de quinze anos. Elaborou-se para o efeito um grupo de modelos que permite resolver todas as situações aqui previstas, no que respeita ao conhecimento das características dos povoamentos, e que se apresenta a seguir.

(21) $$TS = TP^{(1 - 0.00400488\, SA)}$$

$n = 100 \qquad R^2 = 0.22 \qquad F = 27.6$

(22) $$TS = 1324.485\, BA^{0.23156}\, HD^{-0.382656}\, e^{5.407995\, SA^{-1}}$$

$n = 100 \qquad R^2 = 0.36 \qquad F = 18.0$

(23) $$TP = TS^{1/(1-0.00400488\,SA)}$$
$$n = 100 \qquad R^2 = 0.22 \qquad F = 27.6$$

em que
TS = número de árvores vivas
TP = número de árvores plantadas
SA = idade do povoamento
BA = área basal
HD = altura dominante

Quando se trata de povoamentos prèviamente desbastados o problema é bem diverso. Nas parcelas instaladas não foi detectada mortalidade nos intervalos entre cada inventário, devido provàvelmente ao tipo de condução adoptado e às excelentes condições sanitárias dos povoamentos. O problema é portanto bastante simplificado, uma vez que para os intervalos considerados (5 a 10 anos) se apresenta sempre

(24) $$TS2 = TS1$$

em que
$TS2$ = número de árvores vivas na idade projectada
$TS1$ = número de árvores vivas na idade actual.

Pode-se portanto resumir a questão da sobrevivência a duas situações tipo: até ao primeiro desbaste, existe uma redução natural do número de árvores, face à competição existente e a eventuais danos causados por doenças ou acidentes naturais. A partir daqui, a mortalidade é inexistente, sendo a redução do número de árvores feita únicamente através de desbastes, pelo menos nos períodos observados.

4.4 ALTURA DA ÁRVORE INDIVIDUAL

Como se pretende elaborar um modelo de crescimento e produção com base numa distribuição diamétrica, torna-se necessário caracterizar também a altura da árvore individual para poder precisar o seu volume com o máximo pormenor. Agrupando as árvores do povoamento por classes de DAP conhece-se de cada uma delas o valor central, que representa sob esse ponto de vista todas as árvores do grupo. Falta ainda, para estimar o volume através de tabelas de dupla entrada ou equações de perfil do tronco, conhecer a altura da árvore média dessa classe.

Considerou-se que a altura da árvore individual podia ser expressa como função de algumas características do povoamento - altura dominante, idade, área basal, número de árvores vivas - e de uma das suas características mais representativas, o diâmetro a 1.30 metros (DAP) (GRIDER e BAILEY, 1984; ZARNOCH, 1985). Um bom resultado foi conseguido com uma expressão da forma

$$HT = a1\, HD^{a2}\, BA^{a3}\, TS^{a4}\, e^{a5\, SA^{-1} + a6\, DAP^{-1}} \tag{25}$$

que foi ajustada aos dados disponíveis através de um processo não linear (BMDP3R) e de que resultou

$$HT = 1.891036\, HD^{0.890695}\, BA^{-0.146749}\, TS^{0.075548}\, e^{2.000723\, SA^{-1} - 11.96184\, DAP^{-1}} \tag{26}$$

$$n = 289 \qquad R^2 = 0.94 \qquad F = 886$$

A expressão (26) apresenta sempre resultados coerentes, com excepção da classe de DAP de 5 cms. No ponto 2.2, e no que se refere ao arranjo de classes de DAP, foi já chamada a atenção para este facto, em virtude de a classe agrupar todas as árvores com DAP inferior a 7.5 centímetros. No entanto, e como então já se apontou, os erros originados por este arranjo não são significativos.

4.5 POVOAMENTOS NÃO DESBASTADOS

Até uma primeira intervenção cultural susceptível de alterar a sua estrutura, qualquer povoamento é considerado sob este ponto de vista como não desbastado. Esta primeira intervenção ocorre normalmente entre os 10 e os 15 anos, e não se considera dentro deste conceito as limpezas efectuadas nos povoamentos cuja origem seja a sementeira, e que é realizada muito mais cedo (entre os 4 e os 7 anos).

Esta componente tem portanto uma importante função: constitui o passo inicial em qualquer simulação de que se conheçam os parâmetros de origem, capaz de projectar para qualquer idade - no caso presente o limite máximo de idade são 15 anos - um povoamento naquelas condições.

Para estimar os parâmetros de WEIBULL pelo método descrito torna-se necessário predizer três variáveis do povoamento. No caso presente as variáveis escolhidas - por terem apresentado os resultados mais coerentes - foram o $DMIN$, a BA e o $P93$, em que

$DMIN$ = o menor diâmetro encontrado na parcela

BA = área basal por hectare (m^2)

$P93$ = o diâmetro 93º percentil da distribuição.

As equações de projecção usadas para estimar estes valores ao longo do tempo formam um sistema de funções não lineares, em que as variáveis independentes são a idade, a classe de produtividade e o número de árvores vivas por unidade de superfície.

O $DMIN$ e o $P93$ foram modelados na forma

$$DMIN = a1\, HD^{a2}\, TS^{a3} \tag{27}$$

$$P93 = b1\, HD^{b2}\, TS^{b3} \tag{28}$$

e a área basal na forma

$$BA = c1\, HD^{c2}\, TS^{c3}\, e^{c4/SA} \tag{29}$$

em que

HD = altura dominante
TS = número de árvores vivas
SA = idade do povoamento
ai, bi, ci = parâmetros a ajustar.

Conhecidas às projecções destas variáveis para uma dada idade, o parâmetro de localização "a" pode ser fixado como

$$a = 0.5\, DMIN \tag{30}$$

e o segundo momento ($E(X^2)$) pode ser estimado por

$$E(X^2) = BA/(0.00007854\, TS) \tag{31}$$

Alguns trabalhos publicados (ZARNOCH e DELL, 1985; ZARNOCH, 1985) indicam que a distribuição é pouco afectada pela escolha do parâmetro "a" desde que os outros parâmetros se ajustem bem e harmoniosamente entre si. No entanto esta escolha deverá obedecer a algum critério. Neste caso, vários valores função do $DMIN$ foram ensaiados, apresentando a expressão (30) os melhores resultados no caso de povoamentos não desbastados.

Assim, e retomando o fio da resolução do sistema de equações em ordem a "c" e "b", "c" pode ser estimado pela resolução de (8) depois de substituições feitas através de (28), (30) e (31), e o parâmetro de escala "b" é estimado pela simples substituição de "c", (28) e (30) em (9).

As expressões (27), (28) e (30), que fazem a projecção das variáveis com interesse na modelação da distribuição de diâmetros, foram ajustadas aos

dados anteriormente caracterizados através de um processo de regressão não linear ($BMDP3R$), e os resultados foram

$$DMIN = 12.302998\, HD^{1.617991}\, TS^{-0.687786} \tag{32}$$
$$n = 100 \qquad R^2 = 0.57 \qquad F = 66.3$$

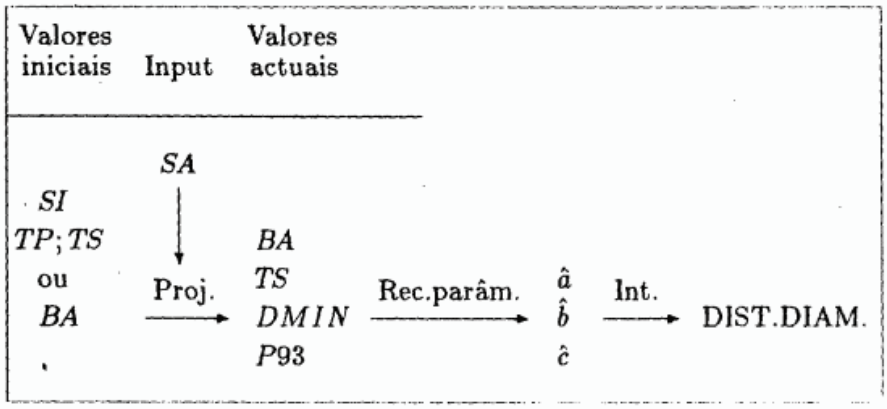
$$P93 = 2.754927\, HD^{1.445365}\, TS^{-0.161445} \tag{33}$$
$$n = 100 \qquad R^2 = 0.90 \qquad F = 450$$

$$BA = 0.000984\, HD^{2.103402}\, TS^{0.797707}\, e^{-8.702327/SA} \tag{34}$$
$$n = 100 \qquad R^2 = 0.91\ ^{1} \qquad F = 337$$

Como foi apontado, nesta modelação as variáveis independentes são a idade, a altura dominante (como expressão da qualidade da estação) e o número de arvores vivas. A evolução do número de árvores vivas é muito importante neste contexto, quer por quantificar a sobrevivência, quer pela sua aplicação no processo do calculo de um valor que constitui a estimativa do segundo momento (expressão 31). Embora o recurso único a estas variáveis possa ser restritivo em algumas situações - quando não são estas as variáveis disponíveis pelo utilizador - outras opções são apresentadas, como se teve oportunidade de apreciar nos pontos 4.2 e 4.3, e que permitem contornar os problemas que eventualmente se possam colocar, por substituição de variáveis (ver método representado na Figura 2).

Os valores resultantes das expressões (32) a (34), para as mesmas situações, foram testados e mantiveram uma boa coerência no intervalo de idades considerado, já que se verificou sempre a condição lógica $DMIN < DAP$ médio $< P93$.

Fig. 2 - *Método de projecção de povoamentos não desbastados*



[1]Coef. de determinação calculados a partir dos valores observados e estimados.

4.6 POVOAMENTOS DESBASTADOS

A concepção adoptada para o caso dos povoamentos prèviamente desbastados é semelhante à anterior, mas as equações de projecção terão òbviamente que ser outras. Assim, a projecção das variáveis do povoamento necessárias ao ajustamento da função de Weibull na idade $SA2$ - $BA2, DMIN2, P93.2$ e $TS2$ - é feita a partir das características do povoamento na idade inicial $SA1$, estimadas pelo processo apontado no número anterior (4.5) ou introduzidas pelo operador, conforme se trate de um povoamento ainda não desbastado ou de um povoamento prèviamente desbastado, respectivamente.

A projecção pode ser feita através dos modelos

$$DMIN2 = a1 \left(\frac{BA1^{SA1/SA2}}{TS1} \right)^{1/2} e^{a2\,(SA2-SA1)} e^{(1-SA1/SA2)\,(a3+a4\,HD)} \tag{35}$$

$$P93.2 = b1 \left(\frac{BA1^{SA1/SA2}}{TS1} \right)^{1/2} e^{b2\,(SA2-SA1)} e^{(1-SA1/SA2)\,(b3+b4\,HD)} \tag{36}$$

$$BA2 = BA1^{SA1/SA2}\, e^{(1-SA1/SA2)\,(c1+c2\,HD)} \tag{37}$$

$$TS2 = TS1 \quad ^{2} \tag{38}$$

em que

$DMIN2$ = árvore de menor diâmetro na idade $SA2$
$P93.2$ = árvore 93º percentil na idade $SA2$
$BA2$ =area basal por hectare na idade $SA2$
$TS2$ = número de árvores vivas na idade $SA2$
HD = altura dominante na idade $SA1$
ai, bi, ci = parâmetros a serem estimados.

A escolha dos modelos não é arbitrária, pois obedece a dois critérios distintos que lhe asseguram uma boa fidelidade. Primeiro, modelos semelhantes foram utilizados por GRIDER e BAILEY (1984) e ZARNOCH (1985) com bons resultados; segundo, a introdução dos elementos $(SA1/SA2), (SA2 - SA1)$ e $(1 - SA1/SA2)$ em posições estratégicas nas funções, assegura a

[2]Nas parcelas não foi detectada mortalidade nos intervalos de 5 e 10 anos entre cada inventário.

inexistência de anomalias por erros praticados na materialização das idades a projectar, como por exemplo fazer $SA2 = SA1$.

Na posse dos valores das variáveis do povoamento necessárias para a reconstituição da distribuição de diâmetros na idade $SA2$, fixa-se o parâmetro de localização "a" como

$$a = 0.9\, DMIN2 \tag{39}$$

por ser o que melhores resultados apresentou na reconstituição das distribuições de diâmetros, e o segundo momento $(E(X^2))$ é estimado pela expressão

$$E(X^2) = BA2/(0.00007854\, TS2) \tag{40}$$

Tal como no caso anterior - povoamentos não desbastados - o parâmetro "c" é estimado pela resolução de (8) depois de substituições através de (36),(39) e (40). O parâmetro "b" é estimado pela substituição de "c", (36) e (39) em (9). Os modelos apresentados com os números (35), (36) e (37) foram ajustados aos dados existentes, igualmente através de um processo de regressão não linear ($BMDP3R$) e os resultados foram, respectivamente

$$DMIN2 = 44.995291 \left(\frac{BA1^{SA1/SA2}}{TS1}\right)^{0.5} e^{0.062039(SA2-SA1)} e^{(1-SA1/SA2)(-6.721703+0.039053\,HD)} \tag{41}$$

$$n = 241 \qquad R^2 = 0.86 \qquad F = 289$$

$$P93.2 = 154.155144 \left(\frac{BA1^{SA1/SA2}}{TS1}\right)^{0.5} e^{-0.009172(SA2-SA1)} e^{(1-SA1/SA2)(2.919335-0.034485\,HD)} \tag{42}$$

$$n = 241 \qquad R^2 = 0.96 \qquad F = 1128$$

$$BA2 = BA1^{SA1/SA2}\, e^{(1-SA1/SA2)(4.178774+0.039053\,HD)} \tag{43}$$

$$n = 241 \qquad R^2 = 0.92 \qquad F = 678$$

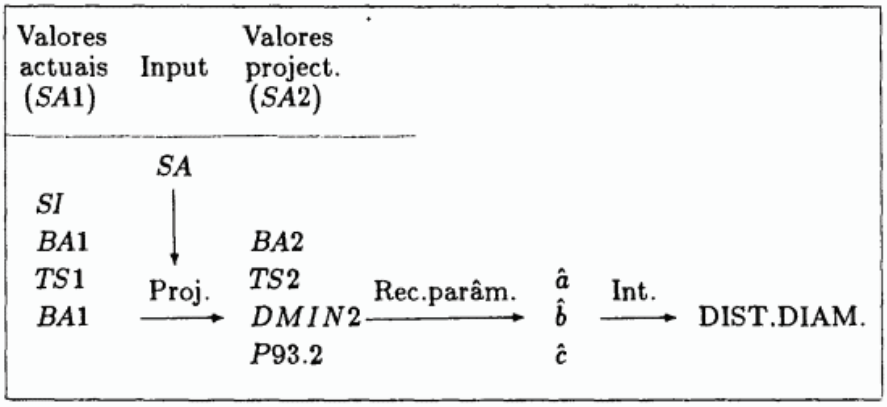
Há também o caso particular da previsão do número de árvores já mencionado, que conduz à utilização da expressão (38) tal como então apresentada. Os coeficientes de determinação correspondentes às expressões (41), (42) e (43) foram calculados a partir dos valores observados e estimados.

É normalmente aceite que, num povoamento sujeito a operações culturais, o seu crescimento é função, para além dos factores inerentes à estação e à espécie, da própria condução praticada, e portanto a sua modelação

deve partir de uma informação mais detalhada do que a que é necessária no caso de povoamentos ainda não desbastados. Neste caso isto reflete-se na utilização não só das variáveis idade ($SA1$ e $SA2$), altura dominante (HD) e árvores vivas ($TS1$), mas também da área basal na idade $SA1$ ($BA1$). É claro que $BA1$ e $TS1$ definem o DAP médio e portanto poderiam ser substituidas por este valor sem qualquer inconveniente. Mas o que importa reter desta implicação é a importância que a caracterização da árvore média assume em modelos para povoamentos sujeitos a operações culturais, apesar de não aparecer explicitamente em nenhuma das equações de projecção (Fig. 3).

Tal como para o caso dos povoamentos não desbastados, também aqui foram testados os valores das funções de projecção (41), (42) e (43) para as mesmas situações, e observada uma boa coerência no intervalo de idade para que se dispunha de dados - 10 aos 80 anos - pois observaram sempre a condição $DMIN2 < DAP2$ médio $< P93.2$.

Fig. 3 *Método de projecção de povoamentos préviamente desbastados*



4.7 EXECUÇÃO DE DESBASTES

O processo elaborado para caracterizar o povoamento residual imediatamente após desbaste pelo baixo é também baseado no método (momento-percentil) de reconstituição dos parâmetros (Fig. 4).

Dada a informação das características do povoamento em termos de TSb e BAb em que

TSb = número de árvores por hectare antes do desbaste

BAb = área basal por hectare antes do desbaste

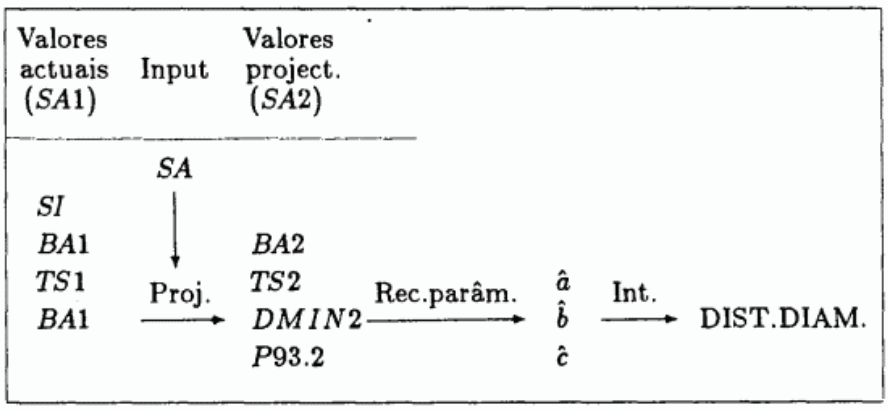
e especificando BAr como

BAr = área basal residual (após desbaste)

deve partir de uma informação mais detalhada do que a que é necessária no caso de povoamentos ainda não desbastados. Neste caso isto reflete-se na utilização não só das variáveis idade ($SA1$ e $SA2$), altura dominante (HD) e árvores vivas ($TS1$), mas também da área basal na idade $SA1$ ($BA1$). É claro que $BA1$ e $TS1$ definem o DAP médio e portanto poderiam ser substituidas por este valor sem qualquer inconveniente. Mas o que importa reter desta implicação é a importância que a caracterização da árvore média assume em modelos para povoamentos sujeitos a operações culturais, apesar de não aparecer explicitamente em nenhuma das equações de projecção (Fig. 3).

Tal como para o caso dos povoamentos não desbastados, também aqui foram testados os valores das funções de projecção (41), (42) e (43) para as mesmas situações, e observada uma boa coerência no intervalo de idade para que se dispunha de dados - 10 aos 80 anos - pois observaram sempre a condição $DMIN2 < DAP2$ médio $< P93.2$.

Fig. 3 *Método de projecção de povoamentos préviamente desbastados*



4.7 EXECUÇÃO DE DESBASTES

O processo elaborado para caracterizar o povoamento residual imediatamente após desbaste pelo baixo é também baseado no método (momento-percentil) de reconstituição dos parâmetros (Fig. 4).

Dada a informação das características do povoamento em termos de TSb e BAb em que

TSb = número de árvores por hectare antes do desbaste

BAb = área basal por hectare antes do desbaste

e especificando BAr como

BAr = área basal residual (após desbaste)

elaborou-se um modelo para predizer o número residual de árvores por hectare após desbaste que apresenta a forma

$$TSr = TSb\,(1 - (1 - BAr/BAb)^{a1})^{a2} \tag{44}$$

De notar que no caso de um povoamento não ter ainda sido desbastado e se desejar executar um corte, o número de árvores antes do desbaste (TSb) assume o valor do número de árvores vivas (TS) projectado para aquela idade através de uma das equações (21) ou (22), e que a área basal antes do desbaste (BAb) é a estimada também a partir da expressão (29). Por outro lado, em povoamentos prèviamente desbastados, TSb assume o valor de $TS2$ da expressão (38) e BAb é estimada a partir da expressão (43).

As outras duas variáveis necessárias à reconstituição dos parâmetros do povoamento foram modeladas, após comparação de várias possibilidades, na forma

$$DMINr = a1 + a2\,DMINb \tag{45}$$

$$P93r = b1 + b2\,P93b \tag{46}$$

em que

$DMINr$ = menor diâmetro encontrado após desbaste
$DMINb$ = menor diâmetro encontrado antes do desbaste
$P93r$ = diametro 93º percentil após desbaste
$P93b$ = diâmetro 93º percentil antes do desbaste
ai, bi = parâmetros a estimar.

Conhecidos os valores destas variáveis, o parâmetro de localização "a", obedecendo aos mesmos critérios anteriores, foi fixado como

$$a = 0.9\,DMINr \tag{47}$$

e o segundo momento estimado como

$$E(X^2) = \frac{BAr}{0.00007854\,TSr} \tag{48}$$

Com as substituições adequadas de (46), (47) e (48) em (8), e substituindo de novo "c" e as expressões (46) e (47) em (9) encontram-se os parâmetros "b" e "c".

As expressões (44), (45) e (46) foram ajustadas com os dados disponíveis nas situações de antes e após desbaste, e os resultados estão patentes na Tabela 1. Primeiramente, foram ajustados separadamente os dados referentes aos primeiro, segundo, terceiro e quarto desbastes. Na comparação dos valores dos coeficientes encontrados, verificou-se não haver diferenças

significativas entre os referentes aos segundo a quarto desbastes, pelo que se tomaram como seguindo o mesmo padrão e foram por isso reagrupados os dados e os coeficientes ajustados novamente. Resultaram assim dois conjuntos de expressões, um para o primeiro desbaste e outro para os restantes, confirmando assim verificações já efectuadas sobre o caso para outras espécies resinosas (ZARNOCH, 1985) em que para desbastes pelo baixo, o primeiro desbaste se diferencia dos restantes. Uma possível justificação pode ser adiantada por se acreditar que o primeiro desbaste serve para "preparar" o povoamento para futuras intervenções.

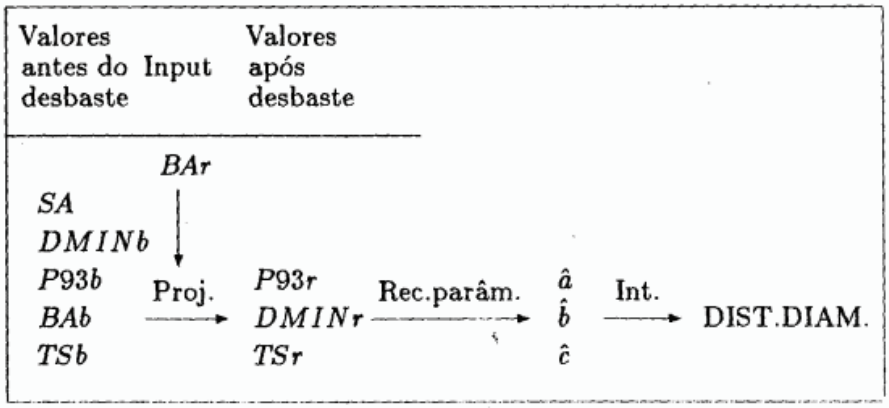
Deve-se aqui chamar a atenção para uma limitação dos conjuntos de expressões referentes aos desbastes. Estas modelam intervenções razoàvelmente espaçadas no tempo - normalmente períodos de 10 anos ou mais - e por isso mesmo bastante intensos. As áreas basais para que são reduzidos os povoamentos, mesmo em idades mais avançadas, situam-se no intervalo de 15 a 25 metros quadrados por hectare.

Tabela 1 - *Expressões para projeção de desbastes.*

Expressões ajustadas			
1º Desbaste	n	R^2	F
$DMINr = 0.438034 + 1.047001 \times DMINb$	22	0.43	15
$P93r = 0.121887 + 1.000760 \times P93b$	22	0.99	1980
$TSr = TSb \times (1 - (1 - BAr/BAb)^{0.896268})^{0.882856}$	22	0.98	980
Restantes Desbastes			
$DMINr = 0.684456 + 1.07904 \times DMINb$	51	0.84	257
$P93r = 1.22143 + 0.981559 \times P93b$	51	0.98	4851
$TSr = TSb \times (1 - (1 - BAr/BAb)^{0.715054})^{0.820574}$	51	0.99	2401

Por esse motivo, as simulações a ensaiar com o presente modelo não se poderão afastar muito destes padrões, sob risco de se obterem valores anómalos ou, em certos casos, não se obter mesmo convergência no processo iterativo que conduz à reconstituição da distribuição de diâmetros.

Fig. 4 - *Método de execução de desbastes pelo baixo.*



Existe sempre no programa elaborado uma opção entre desbaste selectivo e desbaste mecânico. Este último é comunmente praticado nos povoamentos da área modelada, sobretudo quando se trata de primeiras intervenções em povoamentos instalados em linhas, o que apresenta vantagens significativas quer sob ponto de vista técnico - não exige mão de obra especializada - quer sob ponto de vista económico. No entanto, e embora não seja muito frequente o seu uso nas intervenções posteriores, o modelo permite a sua simulação em qualquer idade. A reconstituição dos parâmetros torna-se neste caso extremamente fácil, já que o desbaste os não faz variar. Assim, neste caso concreto ter-se-à

$$ar = ab \tag{49}$$

$$br = bb \tag{50}$$

$$cr = cb \tag{51}$$

em virtude de a distribuição de diâmetros ser a mesma, sendo ùnicamente reduzido o número de árvores e consequentemente a área basal, numa percentagem prèviamente controlada - o utilizador opta por exemplo por cortar uma linha em cada três, o que equivale a uma percentagem retirada de 33.3% ($ROWP = 0.333$) - e escolhida. O resultado após desbaste será então

$$TSr = (1 - ROWP)\, TSb \tag{52}$$

$$BAr = (1 - ROWP)\, BAb \tag{53}$$

mantendo os parâmetros de WEIBULL então os mesmos valores (Fig. 5).

Fig. 5 - *Método de execução de desbastes mecânicos.*

Valores antes do desbaste	Input	Valores após desbaste		
	$ROWP$			
a	$\downarrow$	$ar = a$		
b		$br = b$		
c	Proj.	$cr = c$	Int.	
BAb	$\longrightarrow$	$BAr = BAb(1 - ROWP)$	$\longrightarrow$	DIST.DIAM.
TSb		$TSr = TSb(1 - ROWP)$		

4.8 VOLUMES

A distribuição de diâmetros permite caracterizar as existências em cada uma das classes adoptadas, conhecido o *DAP* - valor central da classe de diâmetro referenciada - e a altura total média que lhe corresponde.

Se o *DAP* é calculado através da distribuição de diâmetros, a altura total média dessa classe pode ser estimada pela expressão ajustada para o efeito (expressão 26, ponto 4.4).

As tabelas de volume até agora publicadas entre nós referem exclusivamente volumes sobre casca como função do *DAP* e da altura (tabelas de dupla entrada), ou simplesmente do *DAP* (tabelas de simples entrada). Uma única excepção é o trabalho de AMARAL (1980) que apresenta tabelas de volume para o pinheiro bravo com e sem casca. No entanto as variáveis independentes usadas na sua elaboração não são as mesmas - respectivamente *DAP* sobre e sob casca - o que não permite o uso alternativo de ambas para os mesmos dados de base.

Para se poderem comparar alternativas na instalação e condução dos povoamentos sob ponto de vista económico, é necessária uma desagregação máxima dos produtos extraídos nas operações culturais, e sobretudo nos cortes finais. Ora as tabelas existentes para a zona não são passíveis de utilização quando se pretende descer a este nível de pormenor. Além disso, uma distribuição do volume total por classes de aproveitamento é imprescindível neste tipo de avaliações, e neste caso não existem mesmo tabelas que supram esta falta.

Assim elaboraram-se para o efeito novas tabelas de volume pelo método

das equações de perfil do tronco (taper curves), a partir do material caracterizado no ponto 2.2.

Após um estudo das soluções propostas por diversos autores - KOZAK *et. al.* (1969), DEMAERSCHALK (1971), BRUCE (1972), GOULDING e MURRAY (1976), KNOEBEL *et. al.* (1985), KOZAK e SMITH (1966), ORMEROD (1973) - optou-se pela expressão elaborada por KOSAK *et. al.* (1969) devido à simplicidade e eficiência verificadas no seu ajustamento aos dados experimentais disponíveis.

Esta expressão apresenta a forma

$$\frac{d^2}{DAP^2} = a + b\frac{h}{HT} + c\frac{h^2}{HT^2} \tag{54}$$

em que

d = diâmetro (cms) a qualquer altura h
h = altura acima do solo em metros
DAP = diâmetro à altura do peito
HT = altura total em metros
a, b, c = parâmetros a ajustar.

Esta expressão pode ser sujeita a restrições de modo a que o diâmetro calculado a 1.30 metros seja sempre igual ao DAP observado, e que o diâmetro correspondente à altura total da árvore seja igual a zero. Estas restrições são de simples formulação (KOZAK *et. al.*, 1969) e resumidamente podem ser descritas como um arranjo entre parâmetros, na forma

$$b = -2a \tag{55}$$

$$c = a \tag{56}$$

Substituindo (55) e (56) em (54), resulta a expressão

$$\frac{d^2}{DAP^2} = a\left(1 - \frac{2h}{HT} + \frac{h^2}{HT^2}\right) \tag{57}$$

A metodologia seguida foi simples mas eficaz como o demonstram os resultados obtidos. Ajustaram-se isoladamente expressões para as mesmas árvores com e sem casca. Dentro de cada um destes grupos fez-se ainda uma segregação por classes de altura de dois metros [6,28], que foram trabalhadas isoladamente. Os resultados estão patentes nas Tabelas 2 e 3.

Verificando-se um nítido padrão de desenvolvimento dos parâmetros com a evolução da altura total e do DAP, foi possível modelá-los como função destas duas variáveis, tendo-se obtido nas situações de árvores com e sem casca, e dadas as restrições definidas em (55) e (56), respectivamente

Tabela 2 - *Equações de perfil do tronco com casca*

Class. alt. (m)	Equações ajustadas	n	R^2	F
6	$\frac{d^2}{D^2} = 1.9089 - 3.8178\,\frac{h}{H} + 1.9089\,\frac{h^2}{H^2}$	250	0.92	5764
8	$\frac{d^2}{D^2} = 1.6261 - 3.2522\,\frac{h}{H} + 1.6261\,\frac{h^2}{H^2}$	300	0.93	7958
10	$\frac{d^2}{D^2} = 1.5823 - 3.1646\,\frac{h}{H} + 1.5823\,\frac{h^2}{H^2}$	350	0.87	4689
12	$\frac{d^2}{D^2} = 1.3592 - 2.7184\,\frac{h}{H} + 1.3592\,\frac{h^2}{H^2}$	400	0.92	9299
14	$\frac{d^2}{D^2} = 1.2816 - 2.5632\,\frac{h}{H} + 1.2616\,\frac{h^2}{H^2}$	450	0.92	10613
16	$\frac{d^2}{D^2} = 1.2556 - 2.5112\,\frac{h}{H} + 1.2556\,\frac{h^2}{H^2}$	500	0.91	11334
18	$\frac{d^2}{D^2} = 1.2070 - 2.4140\,\frac{h}{H} + 1.2070\,\frac{h^2}{H^2}$	550	0.91	13294
20	$\frac{d^2}{D^2} = 1.1868 - 2.3736\,\frac{h}{H} + 1.1868\,\frac{h^2}{H^2}$	600	0.92	16469
22	$\frac{d^2}{D^2} = 1.1791 - 2.3582\,\frac{h}{H} + 1.1791\,\frac{h^2}{H^2}$	650	0.91	15867
24	$\frac{d^2}{D^2} = 1.1589 - 2.3178\,\frac{h}{H} + 1.1589\,\frac{h^2}{H^2}$	700	0.92	19991
26	$\frac{d^2}{D^2} = 1.1804 - 2.3608\,\frac{h}{H} + 1.1804\,\frac{h^2}{H^2}$	750	0.90	18576
28	$\frac{d^2}{D^2} = 1.1529 - 2.3058\,\frac{h}{H} + 1.1529\,\frac{h^2}{H^2}$	800	0.90	20341

Tabela 3 - *Equações de perfil do tronco sem casca*

Class. alt. (m)	Equações ajustadas	n	R^2	F
6	$\frac{d^2}{D^2} = 0.7995 - 1.5990\,\frac{h}{H} + 0.7995\,\frac{h^2}{H^2}$	250	0.85	3679
8	$\frac{d^2}{D^2} = 0.7341 - 1.4682\,\frac{h}{H} + 0.7341\,\frac{h^2}{H^2}$	300	0.88	5705
10	$\frac{d^2}{D^2} = 0.6864 - 1.3728\,\frac{h}{H} + 0.6864\,\frac{h^2}{H^2}$	350	0.83	4699
12	$\frac{d^2}{D^2} = 0.6294 - 1.2588\,\frac{h}{H} + 0.6294\,\frac{h^2}{H^2}$	400	0.84	6306
14	$\frac{d^2}{D^2} = 0.6209 - 1.2418\,\frac{h}{H} + 0.6209\,\frac{h^2}{H^2}$	450	0.79	5419
16	$\frac{d^2}{D^2} = 0.6708 - 1.3416\,\frac{h}{H} + 0.6708\,\frac{h^2}{H^2}$	500	0.81	6672
18	$\frac{d^2}{D^2} = 0.6468 - 1.2936\,\frac{h}{H} + 0.6468\,\frac{h^2}{H^2}$	550	0.80	7658
20	$\frac{d^2}{D^2} = 0.6697 - 1.3394\,\frac{h}{H} + 0.6697\,\frac{h^2}{H^2}$	600	0.77	7073
22	$\frac{d^2}{D^2} = 0.7007 - 1.4014\,\frac{h}{H} + 0.7007\,\frac{h^2}{H^2}$	650	0.75	7121
24	$\frac{d^2}{D^2} = 0.7299 - 1.4598\,\frac{h}{H} + 0.7299\,\frac{h^2}{H^2}$	700	0.79	9313
26	$\frac{d^2}{D^2} = 0.8037 - 1.6074\,\frac{h}{H} + 0.8037\,\frac{h^2}{H^2}$	750	0.78	9603
28	$\frac{d^2}{D^2} = 0.8063 - 1.6126\,\frac{h}{H} + 0.8063\,\frac{h^2}{H^2}$	800	0.82	12402

(58) $$a = 1.0080\, e^{(0.94/HT+3.79/DAP)}$$

$$n = 12 \qquad R^2 = 0.98 \qquad F = 270$$

(59) $$a = 3.08022 HT^{-0.718} DAP^{-0.194} e^{(0.0573HT+0.00455DAP)}$$

$$n = 12 \qquad R^2 = 0.91 \qquad F = 27.82$$

Substituindo (58) ou (59) em (54), e atendendo às restrições impostas em (55) e (56), obtêm-se as equações de perfil de tronco gerais para árvores com e sem casca respectivamente.

Estas equações gerais apresentam potencialidades enormes no que respeita à desagregação pretendida para futuros estudos económicos. Por manipulação da expressão (54) pode explicitar-se o diâmetro a diferentes alturas (h), resultando

(60) $$d = DAP\Big((a + b\,(h/HT) + c\,(h^2/HT^2))\Big)^{1/2}$$

e mesmo explicitar a altura correspondente a um dado diâmetro (d), de que resulta

(61) $$h = (-b\,HT - \sqrt{((b\,HT)^2 - 4c\,(aHT^2) - (d^2\,HT^2)/DAP^2)})/(2c)$$

Por outro lado, da integração de (54) resulta, depois de corrigida pela área basal, a expressão

(62) $$V = 0.00007854\, DAP^2\, HT\, (a\,(h2/HT - h1/HT) +$$
$$+(b/2)\,((h2/HT)^2 - (h1/HT)^2) + (c/3)\,((h2/HT)^3 - (h1/HT)^3))$$

que permite estimar o volume entre quaisquer duas alturas ($h1$) e ($h2$).

A conjugação das expressões (60), (61) e (62) possibilita então estimar o volume entre quaisquer alturas de uma árvore de que se conheça o DAP e a altura total (HT), alturas essas definidas a partir de diâmetros de corte, de desponta ou quaisquer, e consequentemente desagregar o volume total em classes de aproveitamento.

No caso da MATA DE LEIRIA, basta substituir nestas equações os valores dos parâmetros "a, "b" e "c" estimados a partir das expressões (58) ou (59) para os casos respectivamente de volumes com e sem casca, respeitando as restrições impostas por (55) e (56), para ter acesso a toda a desagregação desejada.

A opção por um dos tipos de volume - com e sem casca - é dada a escolher ao utilizador por um processo interactivo (Quadro 1).

Quadro 1 - *Processo interactivo de escolha da EPT.*

```
C
C  FAZ A OPCAO POR VOLUMES COM OU SEM CASCA
C
      WRITE(5,780)
  780 FORMAT('O','VOLUMES COM CASCA ?')
      ACCEPT*,IRIT
      IF(IRIT.EQ.1)GOTO 699
      ICASCA=0
```

Capítulo 5

CONSTRUÇÃO DO MODELO

5.1 CONCEPÇÃO

O trabalho até agora realizado, tem como último objectivo a elaboração de um modelo para simular a evolução da estrutura, do crescimento e da produção de povoamentos de pinheiro bravo, incluindo a introdução de dois diferentes tipos de desbaste em que se poderão ensaiar uma vasta gama de intensidades, dentro dos limites que têm vindo a ser apontados .

Os resultados, em termos de estrutura do povoamento e do volume total e final por classes de aproveitamento - bem como das variáveis associadas - são a expressão do efeito da idade, qualidade da estação e regime de condução adoptado. Não é encarado neste trabalho a influência do potencial genético do material de base nem da ocorrência de doenças, por não existirem quaisquer dados sobre este assunto para a zona em questão. Assim, e das variáveis aqui consideradas como mais influentes na evolução do povoamento, a idade dá uma medida do tempo, a que correspondem diferentes taxas de crescimento potenciais; a qualidade da estação é uma medida dessas potencialidades para a espécie considerada, visto ser o indicador mais consistente do potencial produtivo, estimado a partir da altura dominante; e o regime de condução é importante em virtude de afectar as relações de competição entre as árvores do povoamento, e lhes regular portanto o crescimento, especialmente em termos de diâmetro e forma como adiante se verá.

O modelo construido é **aplicável sòmente** à MATA DE LEIRIA. Mas a metodologia desenvolvida pode ser utilizada para quaisquer outras regiões ou mesmo para todo o país, desde que se disponha de um lote de dados adequados a esse fim, tendo em linha de conta especialmente a evolução do

número de árvores vivas em diferentes situações de competição.

Uma das maiores dificuldades a ultrapassar na elaboração deste modelo foi a simulação dos desbastes selectivos. A composição das expressões para quantificar o efeito dos desbastes nas variáveis usadas no processo de reconstituição da estrutura do povoamento foi um trabalho árduo, só possível de realizar após vários meses de ensaios. A experiência neste tipo de modelação é muito reduzida ainda, uma vez que a quase totalidade dos modelos elaborados se debruçam sobre povoamentos instalados em compassos definitivos ou não sujeitos a intervenções culturais, sem recurso portanto a desbastes. Nestes casos, a modelação da sobrevivência é o factor mais importante na definição dos povoamentos, e de mais fácil execução que os desbastes.

Sob ponto de vista de concepção, optou-se por um modelo interactivo que executa projecções sucessivas ao longo da vida do povoamento, e em que se fazem a par e passo as introduções solicitadas - condições iniciais se se tratar de povoamentos não desbastados, características actuais quando são prèviamente desbastados - e uma vez iniciado o processo, a escolha do tipo e intensidade dos desbastes, os intervalos de projecção e a opção para finalizar no termo da revolução.

5.2 PROGRAMA PRINCIPAL E SUB-PROGRAMAS

Elaborados os modelos necessários à simulação da evolução dos povoamentos no tempo e da execução dos desbastes, bem como da conversão do produto em volumes por classes de aproveitamento, resta agora construir um programa global que os utilize de uma forma compatível, de modo a poder representar com realidade os possíveis desenvolvimentos face aos efeitos de diferentes parâmetros iniciais e regimes de condução.

O programa global elaborado para este fim - PBRAVO - é constituido por um programa principal e 29 subprogramas, a que correspondem funções diferenciadas, e que contribuem numa forma hierarquizada para a execução dos cálculos e para a organização do "resultado" final.

Com o objectivo de facilitar a compreensão do seu funcionamento, apresenta-se na Fig.6 um fluxograma global. Os fluxogramas correspondentes às principais subrotinas estão no Anexo II, bem como o programa PBRAVO elaborado em FORTRAN STANDARD. Descrevem-se em seguida, e de uma forma sucinta, todas as componentes do modelo "PBRAVO".

Fig. 6 - Fluxograma do modelo PBRAVO.

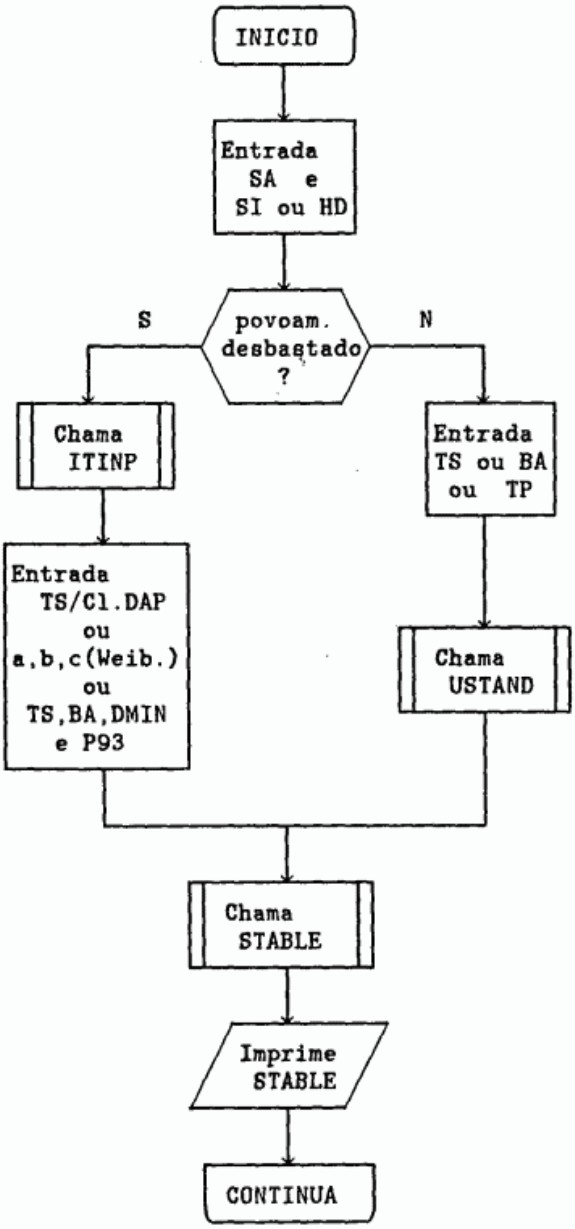


Fig. 6 - Fluxograma do modelo PBRAVO (cont.).

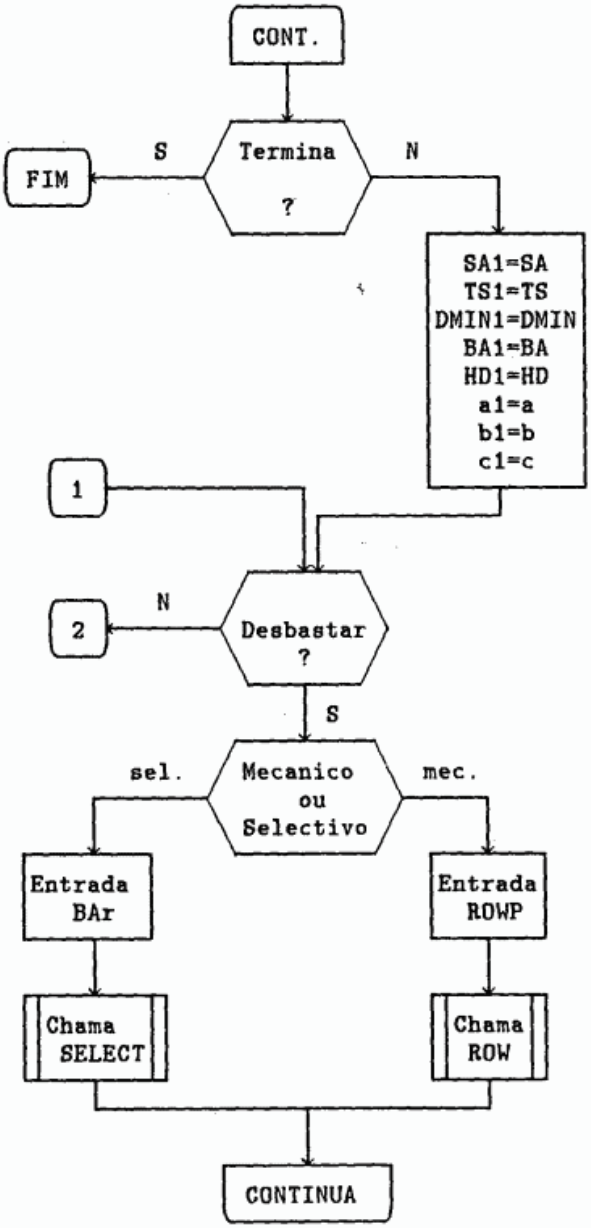


Fig. 6 - Fluxograma do modelo PBRAVO (cont.).

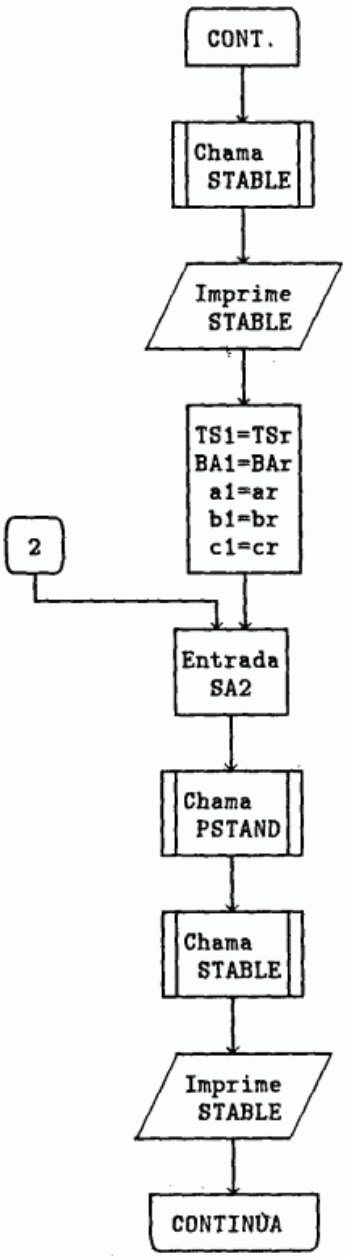
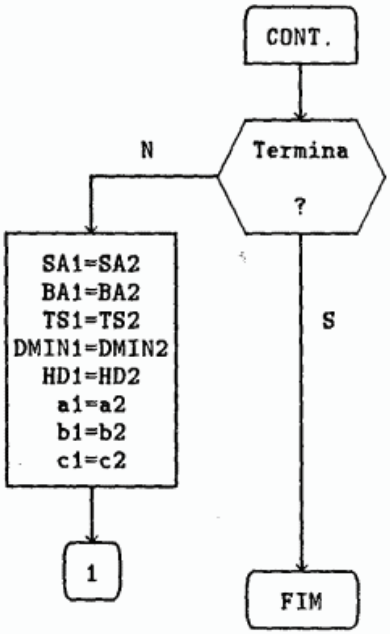


Fig. 6 - Fluxograma do modelo PBRAVO (cont.).



1 - PROGRAMA PRINCIPAL "PBRAVO".

Faz a introdução dos parâmetros iniciais do povoamento - idade e classe de qualidade - e a opção pela introdução de um de dois lotes de informação, consoante se trate de povoamentos ainda não desbastados ou prèviamente desbastados. A gama de alternativas na introdução de dados, muito flexibilizada pela introdução de modelos apropriados, é muito larga, possibilitando ao utilizador uma enorme variedade de formas nas respostas a introduzir às solicitações do programa, por forma a caracterizar as suas opções.

É também através deste programa que se faz a introdução dos parâmetros que caracterizam os desbastes a efectuar. Os dois tipos de desbaste aqui passíveis de simulação - mecânico e selectivo - aparecem sempre como alternativa. Ao optar por um, o utilizador é solicitado em seguida para a introdução de um parâmetro que caracteriza a sua intensidade.

Outra introdução necessária neste ponto é o estabelecimento da idade para que se quer projectar o povoamento actual. O processo está organizado para projecções com intervalos de 5 anos. No entanto não foram assinaladas anomalias para projecções no intervalo de 3 a 10 anos.

Uma última opção é facultada neste programa para finalizar a simulação, dando por finda a revolução.

Em resumo, esta peça faz a introdução dos dados necessários às simulações desejadas, e coordena por solicitação todos os outros subprogramas de uma forma directa ou indirecta, até ao fim opcional que corresponderá ao termo da simulação ensaiada.

2 - FUNÇÃO DQF.

Calcula o diâmetro da árvore de área basal média, em centimetros, para uma dada distribuição de WEIBULL, conhecidos os seus parâmetros "a", "b" e "c".

3 - FUNÇÃO HTF

Calcula a altura total em metros da árvore individual, como função da altura dominante, da área basal, do número de árvores, da idade e do *DAP*.

4 - FUNÇÃO SF.

Calcula a classe de qualidade - idade base 50 anos - do povoamento. A classe de qualidade é aqui tomada como função da altura dominante e da idade do povoamento.

5 - FUNÇÃO HTDCF.

Calcula a altura dominante do povoamento, em metros, como função da classe de qualidade e da idade.

6 - SUBROTINA USTAND.

Faz a projecção de um povoamento para uma dada idade, a partir das suas características iniciais, quando se trata de povoamentos ainda não desbastados. Para cada simulação só é solicitado uma única vez. Inicia e coordena um processo de reconstituição de distribuição de diâmetros, por solicitação a outros subprogramas.

7 - SUBROTINA CFIND.

Estima o valor do parâmetro de forma "*c*" de WEIBULL pelo método da bissecção (ZARNOCH, 1985). Para esse efeito coordena por solicitação outros subprogramas.

8 - FUNÇÃO FCC.

Constitui um processo de cálculo dos outros parâmetros de WEIBULL a partir do parâmetro "*c*".

9 - SUBROTINA ROW.

Executa o desbaste mecânico, opção tomada no programa principal. Faz portanto a redução percentual do número de árvores e da área basal, sem alteração dos parâmetros de WEIBULL.

10 - SUBROTINA SELECT.

Executa o desbaste selectivo, opção tomada no programa principal. Se o desbaste selectivo a executar for o primeiro, é utilizado o conjunto de equações designado "primeiro desbaste". Em todos os outros casos será usado o conjunto "restantes desbastes". Sendo afectada a estrutura do povoamento, far-se-à neste subprograma o início e a coordenação de um novo processo de reconstituição da distribuição de diâmetros, correspondente ao povoamento residual.

11 - SUBROTINA CHECKP.

Verifica a existência de anomalias no número total de árvores após uma intervenção cultural ou um período de crescimento. Se o número total de árvores for, por exemplo, maior após uma intervenção, esta subrotina desencadeia um processo de rearranjo dos parâmetros que servem de base à reconstituição da estrutura do povoamento, e consequentemente ao cálculo de novos parâmetros de WEIBULL.

12 - SUBROTINA PSTAND.

Faz a projecção do povomento actual no tempo, por períodos de 3 a 10 anos. Utiliza as expressões elaboradas para o ponto **4.6** - Povoamentos Prèviamente Desbastados.

13 - FUNÇÃO GAMMA.

Executa o cálculo da função GAMMA de um dado valor, por um processo elaborado por ZARNOCH (1985), através da exponenciação de um polinómio de grau 13.

14 - SUBROTINA STABLE.

Formatiza os quadros com as características dos povoamentos para as idades consideradas. É o destinatário de todos os cálculos efectuados nos restantes subprogramas, de que comanda o registo em ficheiro a abrir e o aparecimento no terminal vídeo ao longo da operação de simulação. O ficheiro pode ser impresso posteriormente.

15 - FUNÇÃO WPDF.

É a função de densidade de WEIBULL, com três parâmetros. Calcula o valor da probabilidade num dado ponto x. É necessária à verificação de anomalias coordenada pela subrotina CHECKP.

16 - SUBROTINA BADBH.

Calcula a área basal, em metros quadrados, numa dada classe de *DAP*, através de uma integração numérica pelo método de Simpson.

17 - FUNÇÃO FBA.

Complementa a subrotina BADBH, elaborando uma função de densidade para um determinado valor de x, que vai ser usada no cálculo da área basal por classe de diâmetro.

18 - SUBROTINA ITINP.

No caso de povoamentos prèviamente desbastados, apresenta opções quanto ao tipo de dados requeridos para iniciar a simulação pretendida. As opções são: a) número de árvores por classe de diâmetro; b) parâmetros de WEIBULL ou c) parâmetros do povoamento.

19 - SUBROTINA STINP.

Aceita a introdução do número de árvores por classe de diâmetro em povoamentos prèviamente desbastados. A partir destes dados calcula as variáveis usadas na reconstituição dos parâmetros de WEIBULL ($DMIN, P93$, TS e BA) e necessárias à execução de desbastes ou à projecção no futuro.

20 - SUBROTINA WPINP.

Aceita, nas mesmas condições que a subrotina anterior, a introdução dos parâmetros de WEIBULL que caracterizam a estrutura de um povoamento, e calcula as variáveis necessárias à execução de desbastes ou à projecção no futuro.

21 - SUBROTINA SAINP.

Aceita os atributos de um povoamento prèviamente desbastado - $DMIN$, $P93, TS$ e BA - e faz a reconstituição da sua estrutura e a estimativa das variáveis necessárias aos subsequentes cálculos.

22 - SUBROTINA CHECK.

É a outra das duas subrotinas que verifica a existência de anomalias, desta vez no número de árvores por classe de diâmetro após qualquer intervenção. Se o número de árvores for maior nessa classe após um desbaste,esta subrotina inicia também um processo de rearranjo dos parâmetros, semelhante ao seguido na subrotina CHECKP.

23 - FUNÇÃO WCDF.

É a função cumulativa de WEIBULL, com três parâmetros. Calcula a probabilidade acumulada para um dado valor x. É necessária à verificação de anomalias coordenada pela subrotina CHECK.

24 - SUBROTINA VM.

Calcula o volume de madeira da árvore individual, com recurso a uma equação de perfil do tronco, sendo possível especificar o diâmetro de desponta, a altura de corte, e uma altura mínima considerada para um toro de madeira.

25 - SUBROTINA VR.

Calcula o volume de rolaria da árvore individual, com recurso a uma equação de perfil do tronco. Pode-se igualmente especificar o diâmetro de desponta para a rolaria.

26 - SUBROTINA VL.

Calcula o volume total da árvore individual com recurso a uma equação de perfil do tronco. Pode-se também especificar um diâmetro mínimo de desponta e uma altura de corte.

27 - FUNÇÃO HTM.

Calcula a altura a que se encontra o diâmetro de desponta para madeira na árvore individual. Usa-se aqui também uma equação de perfil do tronco.

28 - FUNÇÃO HTR.

Calcula a altura a que se encontra o diâmetro de desponta para rolaria, pelo mesmo método que a anterior.

29 - FUNÇÃO HTL.

Calcula a altura de desponta correspondente ao diâmetro tomado como mínimo para estimar o volume total, igualmente através de uma equação de perfil do tronco.

30 - FUNÇÃO CASCA.

Calcula o coeficiente "a" necessário à estimativa dos parâmetros a serem usados na equação de perfil do tronco, como função da altura total e do *DAP* da árvore individual. Coeficiente para volumes com e sem casca.

Capítulo 6

RESULTADOS

6.1 ASPECTOS GERAIS

O modelo elaborado simula a evolução dos povoamentos ao longo da sua vida, tendo em consideração a qualidade da estação e o tipo de instalação e condução adoptados. Como oportunamente se verá na entrada/saída de dados padrão, essa evolução é caracterizada por uma série de parâmetros que ao assumirem valores diferentes, por razões internas dos povoamentos - qualidade da estação, potencial genético - ou a eles exteriores - periodicidade e intensidade dos desbastes, compasso de instalação, etc. - vão originar diferentes estruturas.

A essas diferentes estruturas correspondem normalmente valores quantitativos globais (volume, área basal, alturas, etc.) também diferentes, sobretudo se se considerarem ùnicamente os povoamentos principais. Mas a grande diferença, como adiante se terá oportunidade de verificar, é em termos qualitativos. Assumindo o diâmetro das árvores um papel muito importante na formação dos preços da madeira, pode imaginar-se a influência positiva exercida no valor de um povoamento por uma distribuição de diâmetros que assegura uma alta percentagem do volume final em árvores de grandes dimensões.

Estes são os aspectos que se consideram mais importantes no presente trabalho. No entanto, outros se poderão considerar também importantes, embora subsidiários dos resultados directos do modelo. Em termos técnicos é sempre interessante saber, para além da influência de um dado regime de condução na estrutura dos povoamentos, qual a sua influência na forma da árvore média, na forma das árvores das diferentes classes de diâmetro etc.. E em termos económicos é também útil comparar alternativas de instalação e condução, que permitam maximizar o rendimento a esperar de uma

dada estação, e tomar as decisões mais correctas para alcançar objectivos prèviamente definidos.

Todos estes assuntos, por serem considerados importantes na caracterização quantitativa, qualitativa e económica dos povoamentos florestais, irão ser abordados seguidamente.

6.2 ENTRADA/SAÍDA DE DADOS PADRÃO

Tratando-se de um modelo interactivo, a introdução dos dados necessários à iniciação de uma simulação é feita sob forma de diálogo utilizador - máquina. Os dados pedidos assumem em alguns casos aspectos alternativos, noutros uma natureza dicotómica em que o valor "1" equivale a uma resposta afirmativa e o valor "0" a uma resposta negativa. Sempre que sejam pedidos valores reais para uma dada variável que aparece em alternativa, a introdução de um valor igual ou inferior a zero (0) significa que se optou por não caracterizar essa variável mas sim qualquer das alternativas seguintes.

Simplificado o acto da introdução dos dados, faz-se agora a descrição da saída das simulações, que pode considerar-se constituida por duas partes distintas:

a - Uma primeira que apresenta um único bloco, que identifica o povoamento através das características introduzidas pelo utilizador - bloco encimado pelo título "Parametros iniciais do povoamento" - e cujos valores iniciam todo o processo de cálculo. Trata-se em suma do registo das respostas positivas ao inquérito inicial do modelo.

b - Uma segunda constituida por uma série de blocos com as características dos povoamentos ao longo da sua vida, resultado de sucessivas projecções tendo em atenção os seus factores internos e culturais.

Os blocos deste segundo grupo apresentam alguns aspectos diferentes entre si, consoante as opções do utilizador às solicitações do modelo.

Assim, se se trata de fazer uma simulação da evolução de um povoamento ainda não desbastado, as solicitações serão não só a idade que se pretende caracterizar e a classe de qualidade da estação ou altura dominante, comuns a todas as iniciações, mas também, e em alternativa, o número de árvores vivas, a área basal actual ou o número de árvores plantadas. O bloco inicial apresenta então sob o título "Parametros iniciais do povoamento" as variáveis classe de qualidade e uma das restantes em alternativa - árvores vivas, plantadas, ou área basal actual - (QUADRO 2).

Quadro 2 - *Bloco inicial do povoamento 15/25 (não desbastado).*

PARAMETROS INICIAIS DO POVOAMENTO POVOAMENTO NAO DESBASTADO
SI = 18 TP = 2500

O primeiro bloco do segundo grupo virá neste caso titulado "Características do povoamento não desbastado", e constitui a projecção das condições iniciais para a idade considerada (não superior a 15 anos), através dos grupos de expressões descritas nos pontos **4.3** - Sobrevivência - e **4.5** - Povoamentos não desbastados. Apresenta a estrutura e as características do povoamento na idade estabelecida, e constitui a base para as projecções no futuro (QUADRO 3).

Quadro 3 - *Projecção para a idade 10 do povoamento 15/25 a partir dos valores iniciais.*

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO NAO DESBASTADO

IDADE = 10 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 6.1 DIAMETRO MEDIO = 7.2

PARAMETROS DE WEIBULL: A = 0.65 B = 6.66 C = 2.15

DAP	N.ARV.	A.BAS.	ALTURA	V.TOT.	V.ROL.	V.MAD.
5	1194.7	2.5	1.4	1.52	0.00	0.00
10	575.0	4.0	4.6	5.62	3.12	0.00
15	56.7	0.9	6.8	1.55	1.28	0.00
20	1.1	0.0	8.3	0.06	0.06	0.00
	1827.5	7.4	2.6	8.75	4.45	0.00

No caso de se pretender simular a evolução de um povoamento prèviamente desbastado, o primeiro passo será a sua caracterização no estado actual, base para futuras projecções. Os parâmetros iniciais requeridos são diferentes neste caso: para além da idade, e classe de qualidade ou altura dominante em alternativa, é ainda necessário um dos três tipos alternativos de in-

formação a seguir identificados

a - número de árvores por classe de diametro (5cms)

b - parametros de weibull (a, b, c)

c - parâmetros do povoamento ($TS, BA, DMIN, P93$)

Estes dados são utilizados pelo grupo de expressões descrito no ponto **4.6** - Povoamentos desbastados. De notar que um povoamento não desbastado dá origem, após uma primeira intervenção, a um povoamento desbastado, e neste caso a caracterização "actual" é dada pelo resultado da projecção efectuada anteriormente.

O bloco inicial apresenta sob o mesmo título - "Parâmetros iniciais do povoamento"- um aspecto diferente, pois para além da classe de qualidade, vem também mencionado o tipo de entrada de dados escolhido pelo utilizador, ou seja, os dados correspondentes a uma das alíneas anteriores. (QUADRO 4).

Quadro 4 - *Bloco inicial do povoamento 15/25 tomando-o como prèviamente desbastado. Opção pela introdução dos parâmetros da distribuição (WEIBULL)*

PARAMETROS INICIAIS DO POVOAMENTO POVOAMENTO PREVIAMENTE DESBASTADO
SI = 18 PARAMETROS DE WEIBULL A = 0.65 B = 6.66 C = 2.15

O primeiro bloco do segundo grupo, embora com uma constituição sempre semelhante, apresenta agora um título diferente - Características do povoamento prèviamente desbastado - (QUADRO 5)

Elaborados estes dois blocos, e em ambos os casos, uma primeira alternativa se põe ao utilizador: desbastar ou não? Se se desbasta, que tipo e intensidade de desbaste se vai utilizar?

A execução do desbaste, no seu tipo (mecânico ou selectivo) e na sua intensidade (com indicação respectivamente do corte de uma linha em "n"

Quadro 5 - *Estrutura do povoamento 15/25, a partir de dados introduzidos (parâmetros de Weibull)*

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PREVIAMENTE DESBASTADO

IDADE = 10 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 6.1 DIAMETRO MEDIO = 7.2

PARAMETROS DE WEIBULL: A = 0.65 B = 6.66 C = 2.15

DAP	N.ARV.	A.BAS.	ALTURA	V.TOT.	V.ROL.	V.MAD.
5	1194.7	2.5	1.4	1.52	0.00	0.00
10	575.0	4.0	4.6	5.62	3.12	0.00
15	56.7	0.9	6.8	1.55	1.28	0.00
20	1.1	0.0	8.3	0.06	0.06	0.00
	1827.5	7.4	2.6	8.75	4.45	0.00

ou da redução a uma área basal residual BAr), apresenta uma série de alternativas a seguir a qualquer projecção.

Pode optar-se por não desbastar, e projectar o povoamento com as características actuais para uma idade superior (em princípio 5 anos) e desbastar então. As expressões usadas para este tipo de projecção são agora as descritas no ponto **4.6** - Povoamentos desbastados.

Pode ao contrário optar-se por desbastar, e então terão que se tomar outras decisões quanto ao tipo e intensidade de desbaste. Se o tipo escolhido for mecânico, as alternativas de intensidade são de uma linha retirada em duas até uma linha retirada em seis, o que corresponde a desbastes com intensidades de 50% a 17%. Aparecerá então após o bloco com a estrutura da idade considerada para desbaste, uma linha mencionando "Desbaste mecânico: retirado n%". Imediatamente a seguir aparecerá uma nova estrutura do povoamento, correspondente às características após desbaste, base para as futuras projecções (QUADRO 6).

Se se tiver optado por executar um desbaste selectivo, duas formas de cálculo podem ser utilizadas, conforme se trate ou não do primeiro desbaste selectivo. Em qualquer delas a forma estrutural da saída é igual. Aparecerá após o bloco com a estrutura do povoamento antes do desbaste uma linha com "Desbaste selectivo: área basal residual= m". E imediatamente a seguir um bloco com a estrutura e características do povoamento após desbaste (QUADRO 7).

Quadro 6 - *Estrutura do povoamento 15/25 aos 10 anos após desbaste mecânico (1 linha em 3).*

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 15 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 8.7 DIAMETRO MEDIO = 10.7

PARAMETROS DE WEIBULL: A = 0.65 B = 10.37 C = 2.30

DAP	N.ARV.	A.BAS.	ALTURA	V.TOT.	V.ROL.	V.MAD.
5	584.8	1.4	1.6	0.82	0.00	0.00
10	772.7	6.1	5.3	8.25	4.29	0.00
15	383.3	6.4	7.8	11.62	9.47	0.00
20	79.5	2.3	9.6	4.90	4.47	0.00
25	7.0	0.3	10.8	0.73	0.70	0.00
	1827.2	16.5	4.8	26.32	18.93	0.00

DESBASTE MECANICO : RETIRADO 33.3%

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 15 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 8.7 DIAMETRO MEDIO = 10.7

PARAMETROS DE WEIBULL: A = 0.65 B = 10.37 C = 2.30

DAP	N.ARV.	A.BAS.	ALTURA	V.TOT.	V.ROL.	V.MAD.
5	389.9	0.9	1.6	0.56	0.00	0.00
10	515.1	4.0	5.4	5.61	2.87	0.00
15	255.5	4.3	8.5	7.93	6.45	0.00
20	53.0	1.5	9.8	3.35	3.06	0.00
25	4.6	0.2	11.1	0.50	0.48	0.00
	1218.2	11.0	5.0	17.95	12.86	0.00

Quadro 7 - *Estrutura do povoamento 15/25 aos 20 anos, antes e após desbaste selectivo.*

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 25 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 12.5 DIAMETRO MEDIO = 16.5

PARAMETROS DE WEIBULL: A = 1.45 B = 16.03 C = 3.50

DAP	N.ARV.	A.BAS.	ALTURA	V.TOT.	V.ROL.	V.MAD.
5	39.5	0.1	1.9	0.06	0.00	0.00
10	250.4	2.2	6.2	3.01	1.43	0.00
15	482.2	8.7	9.3	16.83	13.56	0.00
20	355.4	10.8	11.3	25.61	23.33	0.00
25	85.7	3.9	12.8	10.66	10.16	0.00
30	5.0	0.3	13.8	0.97	0.60	0.35
	1218.3	26.1	9.3	57.14	49.08	0.35

DESBASTE SELECTIVO : AREA BASAL RESIDUAL = 21.0

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 25 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 12.5 DIAMETRO MEDIO = 16.6

PARAMETROS DE WEIBULL: A = 1.91 B = 15.69 C = 3.49

DAP	N.ARV.	A.BAS.	ALTURA	V.TOT.	V.ROL.	V.MAD.
5	26.0	0.1	1.9	0.04	0.00	0.00
10	190.2	1.7	6.3	2.31	1.09	0.00
15	385.8	7.0	9.4	13.63	10.97	0.00
20	290.1	8.8	11.5	21.19	19.31	0.00
25	69.3	3.2	13.0	8.76	8.35	0.00
30	3.9	0.3	14.0	0.76	0.47	0.28
	965.2	21.0	9.5	46.69	40.19	0.28

6.3 VALIDAÇÃO DO MODELO

Elaborado o modelo, deverá verificar-se a sua adequação global à realidade. Com esse objectivo caracterizam-se oito povoamentos nos QUADROS 8 a 16, que servirão de termo de comparação para as simulações efectuadas nas mesmas condições. Os dados respeitantes a estes povoamentos não foram incluídos no lote dos usados para a elaboração dos modelos incluídos no modelo global, pelo que servem para a validação.

Os valores observados representam às médias de um número de parcelas necessário para satisfazer uma probabilidade de 95% de obter um erro inferior a 10%. Igualmente aparecem indicados o desvio padrão da média, o intervalo correspondente a uma probabilidade de 95%, o valor simulado e o erro cometido pelo simulador em termos percentuais.

A disposição destes números permite avaliar o grau de confiança das estimativas efectuadas pelo simulador, através do intervalo obtido para a percentagem requerida e do erro global cometido. Valores estimados fora desse intervalo ou com erro global superior a 10% são raros e estão assinalados nos quadros.

Estes povoamentos representam diferentes classes de qualidade e cobrem idades dos 10 aos 60 anos, com períodos de cerca de 10 anos cada. Para além dos quadros é previlegiada a representação gráfica nesta parte, pois torna possível uma leitura imediata dos valores observados e simulados (Anexo III).

Nos povoamentos a que correspondem idades mais avançadas - superiores a 20 anos - não se conhece o número inicial de árvores, mas o modelo ultrapassa este problema através do recurso a "variáveis de estado", como por exemplo o número de árvores vivas na idade em questão e a sua distribuição por classes de diâmetro ou o diâmetro mínimo e o 93º percentil.

Os quadros apresentam valores respeitantes às variáveis "número de árvores por unidade de superfície" (TS), "diâmetro médio" (DAP), "área basal" (BA) e "volume" (VOL) - estas duas últimas também por unidade de superfície - ao longo do tempo. Os gráficos representam, para além destas mesmas quatro variáveis, também as distribuições diamétricas por classes de DAP de 5cms, normalmente quatro distribuições referentes a três inventários com um desbaste.

Analisam-se em seguida os resultados povoamento a povoamento, de modo a evidenciar os factos mais importantes.

Povoamento 54a - QUADRO 8. Gráficos 1-10 (Anexo III).

As diferenças entre os valores observados e simulados são insignificantes se considerarmos as variáveis TS, DAP e BA, pois os valores obtidos situam-se

sempre dentro dos intervalos correspondentes a uma probabilidade superior a 95% de se cometer um erro inferior a 10%. Quanto à simulação do volume por unidade de superfície, apresenta na idade 10 um valor anormal. Provàvelmente por a classe de *DAP* de 5cms jogar ainda aqui um papel importante na constituição do povoamento. Mas embora o valor caia fora do intervalo adoptado e represente uma estimativa por defeito da ordem dos −17%, o erro global é aceitável para esta idade. Para as idades seguintes os valores simulados são muito aproximados dos observados, e dentro dos parâmetros estabelecidos como aceitáveis. A estrutura dos povoamentos dada pelas distribuições diamétricas é globalmente boa, com algumas reservas na idade 15 para a classe de *DAP* mais representada.

Povoamento 58a - QUADRO 9. Gráficos 11-20 (Anexo III).

Neste povoamento, os valores simulados situam-se todos dentro dos intervalos estabelecidos, e com erros sempre inferiores a 10%. A distribuição dos diâmetros por classes dá estruturas bastante próximas das observadas para todas as idades consideradas.

Povoamento 78a - QUADRO 10. Gráficos 21-30 (Anexo III).

Com excepção da idade 29, onde os valores simulados para o *DAP* médio e para o volume sobre-estimam os valores observados, todos os outros valores caem dentro dos intervalos. As estruturas simuladas pelas distribuições diamétricas são das mais conseguidas nesta série de ensaios, com desvios muito pequenos para todas as classes de diâmetro.

Povoamento 13a - QUADRO 11. Gráficos 31-40 (Anexo III).

Trata-se de um dos melhores resultados desta série. Todos os valores simulados se situam dentro dos intervalos, e as estruturas simuladas são muito próximas das observadas, com bastantes valores coincidentes, sobretudo nas idades mais altas.

Povoamento 12a - QUADRO 12. Gráficos 41-50 (Anexo III).

Tal como o anterior, todos os valores se situam dentro dos intervalos, como se pode verificar no QUADRO 12. E as estruturas simuladas mostram idêntica eficiência.

Povoamento 325a - QUADRO 13. Gráficos 51-60 (Anexo III).

Apresenta também valores aceitáveis, com duas anomalias na variável volume, referentes às idades 40 e 43. No entanto, nas idades subsequentes, a simulação do volume aproxima-se dos valores observados, culminando na idade 48 com um erro nulo. Bons resultados na simulação das estruturas do povoamento, com bastantes valores coincidentes com os observados.

Quadro 8 - *Comparação entre os valores observados e simulados para o povoamento 54a (SI=20;n=34)*

Inventario		Val. obs.	SD	Int. 95%	Val. sim.	Erro %
Idade 10	TS	1006.0	299.0	101.0	1006.0	0.0
	DAP	10.7	3.2	1.1	11.2	4.7
	BA	9.9	2.9	1.0	0.0	0.0
	VOL	34.4	10.2	3.4	28.6	-16.9
Idade 15	TS	1006.0	299.0	101.0	1006.0	0.0
	DAP	15.4	4.6	1.5	16.0	3.9
	BA	19.5	5.8	1.9	20.3	4.1
	VOL	82.9	24.7	8.3	80.6	-2.8
Idade 20	TS	1006.0	299.0	101.0	1006.0	0.0
	DAP	18.5	5.5	1.9	19.4	4.9
	BA	28.2	8.4	2.8	29.8	5.7
	VOL	142.8	42.5	14.3	138.4	-3.0
Idade 20 desb.	TS	684.0	203.0	68.0	659.0	-3.7
	DAP	19.4	5.8	1.9	20.4	5.2
	BA	21.2	6.3	2.1	21.5	1.4
	VOL	106.1	31.6	10.6	102.8	-3.0

Quadro 9 - *Comparação entre os valores observados e simulados para o povoamento 58a (SI=18;n=12)*

Inventario		Val. obs.	SD	Int. 95%	Val. sim.	Erro %
Idade 21	TS	630.0	100.0	63.0	630.0	0.0
	DAP	15.4	2.5	1.5	15.9	3.2
	BA	12.5	2.0	1.2	12.5	0.0
	VOL	58.9	9.4	5.9	55.8	-5.3
Idade 21 desb.	TS	491.0	78.0	49.0	480.0	-2.3
	DAP	15.9	2.5	1.6	16.5	4.4
	BA	10.4	1.7	1.0	10.4	0.0
	VOL	49.4	7.9	4.9	47.4	-4.0
Idade 26	TS	491.0	78.0	49.0	480.0	-2.3
	DAP	19.8	3.1	2.0	20.7	4.5
	BA	16.0	2.5	1.6	16.1	0.0
	VOL	81.7	13.0	8.2	81.2	0.0
Idade 31	TS	491.0	78.0	49.0	480.0	-2.3
	DAP	22.4	3.6	2.2	24.1	7.6
	BA	20.3	3.2	2.0	21.9	7.9
	VOL	116.5	18.5	11.7	119.7	2.7

Quadro 10 - *Comparação entre os valores observados e simulados para o povoamento 7ea (SI=15;n.=72)*

Inventario		Val. obs.	SD	Int. 95%	Val. sim.	Erro %
Idade 29	TS	507.0	219.0	51.0	507.0	0.0
	DAP	11.4	4.9	1.1	12.9	13.2
	BA	6.6	2.9	0.7	6.6	0.0
	VOL	28.4	12.3	2.8	32.7	15.1
Idade 34	TS	507.0	219.0	51.0	507.0	0.0
	DAP	15.4	6.7	1.5	15.9	3.2
	BA	10.9	4.7	1.1	10.1	-7.3
	VOL	53.6	23.2	5.4	52.5	-2.1
Idade 34 desb.	TS	315.0	136.0	32.0	343.0	8.9
	DAP	16.1	7.0	1.6	16.6	3.1
	BA	7.4	3.2	0.7	7.4	0.0
	VOL	37.0	16.0	3.7	39.7	7.3
Idade 39	TS	315.0	136.0	32.0	343.0	8.9
	DAP	20.6	8.9	2.1	19.7	-4.3
	BA	11.6	5.0	1.2	10.5	-9.5
	VOL	60.6	26.2	6.1	60.6	0.0

Quadro 11 - *Comparação entre os valores observados e simulados para o povoamento 13a (SI=16;n.=62)*

Inventario		Val. obs.	SD	Int. 95%	Val. sim.	Erro %
Idade 27	TS	535.0	215.0	53.0	535.0	0.0
	DAP	15.2	6.1	1.5	16.3	7.2
	BA	11.1	4.5	1.1	11.1	0.0
	VOL	52.7	21.2	5.3	50.7	-3.8
Idade 27 desb.	TS	424.0	170.0	42.0	433.0	2.1
	DAP	16.1	6.5	1.6	16.9	5.0
	BA	9.7	3.9	1.0	9.7	0.0
	VOL	46.6	18.7	4.7	45.0	-3.4
Idade 32	TS	424.0	170.0	42.0	433.0	2.1
	DAP	19.4	7.8	1.9	20.3	-4.6
	BA	13.7	5.5	1.4	14.0	2.2
	VOL	70.8	28.4	7.1	70.5	0.0
Idade 37	TS	424.0	170.0	42.0	433.0	2.1
	DAP	22.5	9.0	2.3	23.3	-3.6
	BA	18.2	7.3	1.8	18.4	1.1
	VOL	98.2	39.5	9.8	98.6	0.0

Quadro 12 - *Comparação entre os valores observados e simulados para o povoamento 12a (SI=17;n=40)*

Inventario		Val. obs.	SD	Int. 95%	Val. sim.	Erro %
Idade 31	TS	421.0	136.0	42.0	421.0	0.0
	DAP	18.0	5.8	1.8	19.1	6.1
	BA	12.1	3.9	1.2	12.1	0.0
	VOL	60.7	19.6	6.1	64.1	5.6
Idade 31 desb.	TS	355.0	115.0	36.0	356.0	0.0
	DAP	18.5	6.0	1.9	19.8	7.0
	BA	11.0	3.5	1.1	11.0	0.0
	VOL	55.7	18.0	5.6	58.8	5.6
Idade 36	TS	355.0	115.0	36.0	356.0	0.0
	DAP	21.9	7.1	2.2	23.4	6.8
	BA	14.7	4.7	1.5	15.2	3.4
	VOL	82.6	26.7	8.3	86.0	4.1
Idade 41	TS	355.0	115.0	36.0	356.0	0.0
	DAP	25.2	8.1	2.5	26.3	4.4
	BA	19.1	6.2	1.9	19.4	1.6
	VOL	110.8	35.8	11.1	115.0	3.8

Quadro 13 - *Comparação entre os valores observados e simulados para o povoamento 325a (SI=17;n=40)*

Inventario		Val. obs.	SD	Int. 95%	Val. sim.	Erro %
Idade 40	TS	373.0	117.0	37.0	373.0	0.0
	DAP	23.0	7.2	2.3	23.5	2.2
	BA	16.2	5.1	1.6	16.2	0.0
	VOL	104.7	33.0	10.5	118.8	13.5
Idade 43	TS	373.0	117.0	37.0	373.0	0.0
	DAP	25.8	8.1	2.6	26.1	1.2
	BA	20.2	6.4	2.0	19.9	-1.5
	VOL	135.0	42.5	13.5	150.7	11.6
Idade 48	TS	373.0	117.0	37.0	373.0	0.0
	DAP	28.9	9.1	2.9	28.2	-2.4
	BA	25.3	8.0	2.5	23.3	-7.9
	VOL	182.7	57.5	18.3	181.9	-0.4
Idade 48 desb.	TS	262.0	82.0	26.0	263.0	0.0
	DAP	31.7	10.0	3.2	29.5	-6.9
	BA	19.8	6.2	2.0	18.0	-9.1
	VOL	143.1	45.0	14.3	143.2	0.0

Povoamento 257a - QUADRO 14. Gráficos 61-69 (Anexo III).

Sem quaisquer anomalias a considerar, trata-se também de uma simulação com alta eficiência, numa idade em que a precisão se torna imprescindível aos possíveis estudos económicos de comparação alternativa. Também aqui as distribuições de diâmetros simuladas apresentam erros mínimos e alguns valores até coincidentes, a emprestar maior ênfase às possibilidades de análises económicas alternativas.

Quadro 14 - *Comparação entre os valores observados e simulados para o povoamento 257a (SI=21;n=58)*

Inventario		Val. obs.	SD	Int. 95%	Val. sim.	Erro %
Idade 48	TS	230.0	89.0	23.0	230.0	0.0
	DAP	32.0	12.4	3.2	32.6	1.9
	BA	19.2	7.5	1.9	19.2	0.0
	VOL	149.7	58.2	15.0	147.4	-1.5
Idade 53	TS	230.0	89.0	23.0	230.0	0.0
	DAP	35.7	13.9	3.6	35.9	0.6
	BA	23.7	9.2	2.4	23.2	-2.0
	VOL	190.8	74.1	19.1	184.6	-3.2
Idade 58	TS	230.0	89.0	23.0	230.0	0.0
	DAP	38.8	15.1	3.9	38.9	0.0
	BA	27.9	10.8	2.8	27.2	-2.5
	VOL	239.5	93.1	24.0	220.3	-8.0

Quadro 15 - *Comparação entre os valores observados e simulados para o povoamento 323a (SI=21;n=19)*

Inventario		Val. obs.	SD	Int. 95%	Val. sim.	Erro %
Idade 54	TS	251.0	96.0	25.0	251.0	0.0
	DAP	32.7	12.5	3.3	33.1	1.2
	BA	21.6	8.2	2.2	21.6	0.0
	VOL	167.4	63.9	16.7	171.8	2.6
Idade 57	TS	251.0	96.0	25.0	251.0	0.0
	DAP	35.1	13.4	3.5	34.9	-0.6
	BA	24.8	9.5	2.5	23.9	-3.6
	VOL	198.8	75.9	19.9	193.3	-2.8
Idade 62	TS	251.0	96.0	25.0	251.0	0.0
	DAP	38.2	14.6	3.8	37.6	-1.6
	BA	29.5	11.3	3.0	27.8	-5.8
	VOL	246.9	94.3	24.7	229.0	-7.2

Povoamento 323a - QUADRO 15. Gráficos 70-78 (Anexo III).

Também sem qualquer anomalia nas simulações efectuadas e com grande valor na validação do modelo por se tratar de um povoamento com avançada idade. Uma simulação de estruturas muito próxima da realidade, a conferir portanto confiança quanto à composição do produto final no que respeita a diâmetros.

6.4 SIMULAÇÕES. ALTERNATIVAS

6.4.1 Aspectos gerais

Trata-se aqui do principal objectivo do presente trabalho: a realização de simulações para a instalação e condução de povoamentos, que devidamente pesadas técnica e económicamente deverão conduzir à optimização das soluções a adoptar.

Elaborado, testado e validado o modelo para a simulação da estrutura, crescimento e produção dos povoamentos de pinheiro bravo na Mata Nacional de Leiria, resta agora, e a título de experiência, elaborar algumas simulações para um caso concreto.

Com este fim, e ao mesmo tempo para ilustrar o que foi descrito no ponto **6.2** - Entrada/saída de dados padrão - e constituir uma base para exploração de possíveis resultados, apresenta-se no Anexo IV três simulações correspondentes a um mesmo povoamento - condições de partida semelhantes - em que se ensaiam três conduções diferentes.

Em duas delas fez-se logo que possível a redução sistemática da área basal do povoamento para $25m^2$, através de cortes culturais (desbaste mecânico na primeira intervenção e selectivo pelo baixo nas seguintes), fazendo variar sòmente a idade do primeiro desbaste (10 e 15 anos). Na terceira, a área basal é reduzida sistemáticamente para $20m^2$, ocorrendo a primeira intervenção aos 15 anos. Em qualquer dos casos, a rotação base adoptada é de 10 anos.

As simulações são designadas por dois números separados por uma barra, designando o primeiro a idade da primeira intervenção e o segundo a área basal após desbaste (15/25 significa portanto a simulação em que a primeira intervenção se efectua aos 15 anos, e a área basal é reduzida sistemàticamente para $25m^2$).

Estas simulações agora apresentadas são apenas três das inúmeras que se poderiam considerar. É no entanto interessante explorar este conjunto, precisamente por incidir sobre um mesmo povoamento - e portanto com as mesmas condições iniciais - em que se faz variar apenas a condução, no que

se refere à oportunidade e intensidade dos desbastes, e constituir assim um bom teste à sensibilidade do modelo.

6.4.2 Comparação quantitativa das simulações.

Os valores resultantes das simulações do Anexo IV permitem a elaboração do QUADRO 16, que inscreve os volumes total, secundário e principal por classes de aproveitamento. Os volumes considerados são sem casca, com corte a 0.15 metros, e as dimensões mínimas para madeira e rolaria tomadas com desponta a 20 e a 7 centímetros respectivamente.

Quadro 16 - *Volumes principal, secundário e total por classes de aproveitamento.*
(M=madeira; R=rolaria; L=lenha)

Trat.	Rot.	Volumes produzidos (m3 s/c)											
		Vol. prin.				Vol. sec.				Vol. Tot			
		M.	R.	L.	Tot.	M.	R.	L.	Tot.	M.	R.	L.	Tot.
	40	30	74	5	109	-	17	4	21	30	91	9	130
10/25	50	65	53	2	120	6	41	6	53	71	94	8	173
	60	94	34	2	130	18	58	7	83	112	92	9	213
	70	116	22	1	139	36	69	7	112	152	91	8	251
	40	18	68	4	90	-	33	6	39	18	101	10	129
15/25	50	47	52	3	102	6	56	8	70	53	108	11	172
	60	75	36	2	113	18	72	8	98	93	108	10	211
	70	115	34	2	151	18	72	8	98	133	106	10	249
	40	17	15	4	76	2	44	7	53	19	99	11	129
15/20	50	44	40	2	86	9	64	8	81	53	104	11	167
	60	69	25	1	95	22	77	9	108	91	102	10	203
	70	106	24	1	131	22	77	9	108	128	101	10	239

Sob ponto de vista do número de árvores e dos diâmetros médios finais, verificam-se os valores constantes no QUADRO 17. Juntam-se também os valores respeitantes aos volumes dos cortes finais, por ser interessante analisar em conjunto estas grandezas.

Quadro 17 - *Valores em cortes finais para as três simulações efectuadas.*

Trat.	Rev.	Valores de cortes finais				
		— DAP	TS	Corte final (m3 s/c)		
				Mad.	Rol.	Total
	40	25.9	692	30	74	109
10/25	50	32.0	430	65	53	120
	60	38.5	284	94	34	130
	70	45.6	195	116	22	139
	40	24.3	653	18	68	90
15/25	50	29.9	419	47	52	102
	60	36.0	283	75	36	113
	70	40.3	283	115	34	151
	40	24.8	517	17	55	76
15/20	50	31.2	316	44	40	86
	60	38.2	204	69	25	95
	70	43.4	204	106	24	131

6.4.3 Comparação qualitativa das simulações.

Para além do quadro anterior (17) que apresenta já algumas indicações de carácter qualitativo - diferenciação dos diâmetros médios e do número de árvores final - interessa saber também o aproveitamento do total do material lenhoso produzido, bem como as classes de *DAP* por que se distribui a madeira. Este último conhecimento é muito importante, visto permitir a atribuição de valores diferenciais ao produto, sobretudo aos volumes retirados em corte final.

Com os valores respeitantes aos volumes de cortes finais, elaborou-se um quadro (QUADRO 18) em que se faz a sua distribuição em termos percentuais por classes de aproveitamento. De notar que, em virtude de a lenha assumir muito pouca importância quantitativa ou mesmo económica nesta fase, não é aqui tomada em consideração.

Fez-se também para as três alternativas e para os cortes finais, a distribuição da madeira por três categorias - inferior, média e superior - que correspondem respectivamente às classes de *DAP* sem casca até 35 cms, de 40 a 45 cms, e superior a 45 cms. Esta distribuição é percentual e os valores resultantes estão no QUADRO 19.

Quadro 18 - *Valor relativo da madeira e da rolaria no volume do corte final.*

Trat.	Rev.	V./Clas. de aproveitamento (%)		
		Madeira	Rolaria	Mad.+ Rol.
10/25	40	28	68	96
	50	54	44	98
	60	72	26	98
	70	83	16	99
15/25	40	20	76	96
	50	46	51	97
	60	66	32	98
	70	76	23	99
15/20	40	22	72	94
	50	51	47	98
	60	73	26	99
	70	81	18	99

Quadro 19 - *Distribuição do volume de madeira por categorias (em percentagem)*

Trat.	Rev.	Classes de madeira (%)			
		Inferior <=35	Media]35,45]	Superior >45	Total
10/25	40	89	11	-	100
	50	50	46	4	100
	60	19	53	28	100
	70	6	31	63	100
15/25	40	98	2	-	100
	50	66	34	-	100
	60	29	57	14	100
	70	15	49	36	100
15/20	40	96	4	-	100
	50	57	42	1	100
	60	20	54	26	100
	70	9	38	53	100

6.5 EXPLORAÇÃO DOS RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

A partir dos resultados das simulações apresentados no Anexo IV é possível extraír alguma informação sobre a evolução de alguns parâmetros do povoamento. Na medida em que esta evolução pode contribuir para a compreensão de fenómenos biológicos que conduzem à formação do lenho - tão importantes em virtude de só através do seu conhecimento ser possível maximizar a rentabilidade dos investimentos florestais - parece da máxima oportunidade explorar essa possibilidade e extraír oportunamente as conclusões.

6.5.1 Evolução da Altura média numa classe de DAP.

Para conhecer a influência dos parâmetros condicionados directamente pela condução - área basal, número de árvores presentes - e da idade sobre a altura média de uma dada classe de *DAP*, elaboraram-se a partir da expressão (26) os QUADROS 20 e 21. Como base de referência usou-se a classe de *DAP* de 30cms. Para se ter uma noção da distribuição das alturas por classes de diâmetro em diferentes situações de área basal e número de árvores, elaborou-se também - e a partir da mesma expressão 26 - o QUADRO 22.

Quadro 20 - *Variação da HT com TS e BA para SA=30.*

TS	SA = 30 SI = 18 HD = 14 DAP = 30		
	HT (metros)		
	BA = 20	BA = 25	BA = 30
600	14.9	14.4	14.0
800	15.2	14.7	14.3
1000	15.5	15.0	14.6
1200	15.7	15.2	14.8
1400	15.9	15.3	14.9

Quadro 21 - *Variação da HT com TS e BA para SA=50.*

TS	SA = 50 SI = 18 HD = 18 DAP = 30		
	HT (metros)		
	BA = 20	BA = 25	BA = 30
400	17.5	17.0	16.6
600	18.1	17.5	17.1
800	18.5	17.9	17.4
1000	18.8	18.2	17.7
1200	19.0	18.4	18.0

Quadro 22 - *Variação da HT com DAP, BA e TS para SA=30.*

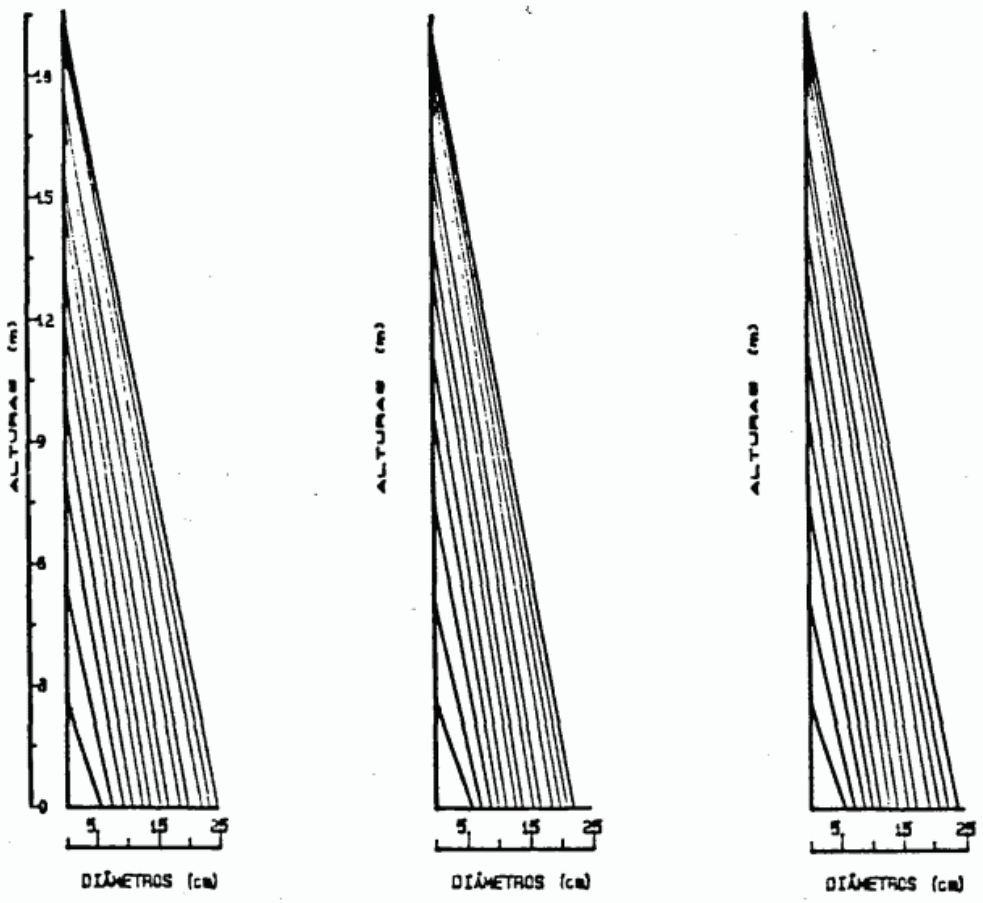
DAP	SA = 30 SI = 18 HD = 14 DAP = 30								
	HT (metros)								
	BA = 20			BA = 25			BA = 30		
	TS 600	TS 800	TS 1000	TS 600	TS 800	TS 1000	TS 600	TS 800	TS 1000
5	2.0	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	1.9	2.0	2.0
10	6.7	6.8	7.0	6.5	6.6	6.7	6.3	6.5	6.6
15	10.0	10.2	10.4	9.7	9.9	10.0	9.4	9.6	9.8
20	12.2	12.4	12.7	11.8	12.0	12.3	11.5	11.7	11.9
25	13.7	14.0	14.3	13.3	13.6	13.8	12.9	13.2	13.4
30	14.9	15.2	15.5	14.4	14.7	15.0	14.0	14.3	14.6
35	15.7	16.1	16.4	15.2	15.6	15.8	14.8	15.2	15.4

6.5.2 Evolução da árvore média.

Retrata-se aqui a evolução da árvore média ao longo do tempo para as três simulações apresentadas. Os valores dos parâmetros *HT* e *DAP* são retirados directamente da saída das simulações. A reconstituição das árvores médias nas três situações é apresentada na Fig.7.

Os coeficientes de forma são calculados a partir dos respectivos volumes (expressões 58, 59 e 62), e designa-se por coeficiente de forma útil o obtido pelo quociente do volume sem casca com o volume do cilindro referente ao *DAP* sobre casca (QUADRO 23).

Fig. 7 - *Reconstituição das árvores médias das três simulações.*



Quadro 23a - *Evolução da forma da árvore média nas três simulações (com corte a 0.30 metros).*

Simulacao 10/25					
SA	HT	DAP	Coeficiente de forma		
			c/casca	s/casca	util
10	2.6	7.2	0.565	0.923	0.293
15	5.4	11.5	0.468	0.487	0.230
20	7.9	15.2	0.432	0.425	0.206
25	9.8	18.1	0.415	0.404	0.197
30	11.8	21.4	0.402	0.390	0.193
35	13.0	23.9	0.395	0.380	0.193
40	14.7	27.2	0.387	0.377	0.194
45	15.5	29.7	0.383	0.375	0.195
50	16.9	33.5	0.377	0.371	0.198
55	17.5	36.1	0.374	0.369	0.200
60	18.7	40.3	0.370	0.367	0.205
65	19.1	43.1	0.368	0.366	0.206
70	19.5	45.6	0.366	0.365	0.208

Quadro 23b - *Evolução da forma da árvore média nas três simulações (com corte a 0.30 metros).Cont.*

Simulacao 15/25					
SA	HT	DAP	Coeficiente de forma		
			c/casca	s/casca	util
10	2.6	7.2	0.565	0.923	0.293
15	5.0	10.7	0.480	0.506	0.237
20	7.4	14.0	0.442	0.433	0.210
25	9.5	16.6	0.423	0.406	0.200
30	11.0	19.1	0.411	0.395	0.195
35	12.9	22.1	0.400	0.384	0.194
40	13.9	24.3	0.394	0.380	0.194
45	15.5	27.6	0.386	0.375	0.196
50	16.2	29.9	0.382	0.373	0.197
55	17.5	35.5	0.377	0.369	0.201
60	18.0	36.0	0.374	0.368	0.202
65	18.5	38.2	0.372	0.367	0.204
70	19.0	40.3	0.370	0.366	0.206

Quadro 23c - *Evolução da forma da árvore média nas três simulações (com corte a 0.30 metros). Cont.*

Simulacao 15/20					
SA	HT	DAP	Coeficiente de forma		
			c/casca	s/casca	util
10	2.6	7.2	0.565	0.923	0.293
15	5.0	10.7	0.480	0.506	0.237
20	7.4	14.0	0.442	0.433	0.210
25	9.5	16.6	0.423	0.406	0.200
30	11.1	19.1	0.411	0.395	0.195
35	13.1	22.2	0.400	0.383	0.194
40	14.1	24.8	0.392	0.379	0.194
45	15.9	28.4	0.385	0.373	0.197
50	16.6	31.2	0.380	0.371	0.198
55	18.0	35.3	0.375	0.368	0.202
60	18.1	38.2	0.372	0.367	0.204
65	19.0	40.9	0.369	0.366	0.206
70	19.5	43.9	0.367	0.365	0.208

6.5.3 Evolução da forma nas classes de diâmetro

Na medida em que num povoamento - devido ao potencial genético das árvores individuais ou a relações de competição entre elas - as árvores atingem determinadas classes de diâmetro com diferentes idades, interessa saber a evolução da forma nessas classes ao longo da vida do povoamento. Verificar se a forma das árvores de uma dada classe é mais ou menos favorável consoante a idade das árvores que a integram, é de grande importância na compreensão da dinâmica dos povoamentos.

Elaboraram-se os QUADROS 24, 25 e 26, um para cada um dos coeficientes de forma ensaiados, sendo totais os volumes agora usados (corte a 0.0m). Tomou-se também ùnicamente como material de base os valores da simulação 10/25, uma vez que se pretende apresentar um caso de evolução e não uma comparação de tratamentos.

Quadro 24 - *Variação da forma nas diferentes classes de DAP.*

Coeficiente de forma com casca.

Coeficiente de forma com casca (*1000)											
SA	Classes de DAP										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
10	600	495	453								
15	584	487	447	426							
20	577	482	444	423	410						
25	571	479	442	421	408						
30	567	477	439	419	407	398					
35	564	475	438	419	406	397	391				
40	560	473	437	417	405	396	390				
45		472	436	417	404	396	390	385			
50		471	435	416	403	395	389	384	380		
55			435	415	403	395	389	384	380	377	
60			434	415	403	394	388	383	380	377	375
65			434	415	403	394	388	383	380	377	374
70			434	415	403	394	388	383	380	377	374

Quadro 25 - *Variação da forma nas diferentes classes de DAP.*

Coeficiente de forma sem casca.

Coeficiente de forma sem casca (*1000)											
SA	Classes de DAP										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
10	637	503	463								
15	578	475	443	429							
20	554	461	433	420	412						
25	534	452	427	414	407						
30	521	444	420	409	402	398					
35	510	439	417	406	400	395	392				
40	500	433	412	402	396	392	389				
45		431	411	401	395	391	388	386			
50		428	408	398	392	389	386	384	383		
55			407	397	392	388	386	384	382	381	
60			405	396	390	387	384	382	381	380	380
65			404	395	390	387	384	382	381	380	379
70			404	395	390	386	384	382	381	379	379

Quadro 24 - *Variação da forma nas diferentes classes de DAP.*

Coeficiente de forma com casca.

Coeficiente de forma com casca (*1000)											
SA	Classes de DAP										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
10	600	495	453								
15	584	487	447	426							
20	577	482	444	423	410						
25	571	479	442	421	408						
30	567	477	439	419	407	398					
35	564	475	438	419	406	397	391				
40	560	473	437	417	405	396	390				
45		472	436	417	404	396	390	385			
50		471	435	416	403	395	389	384	380		
55			435	415	403	395	389	384	380	377	
60			434	415	403	394	388	383	380	377	375
65			434	415	403	394	388	383	380	377	374
70			434	415	403	394	388	383	380	377	374

Quadro 25 - *Variação da forma nas diferentes classes de DAP.*

Coeficiente de forma sem casca.

Coeficiente de forma sem casca (*1000)											
SA	Classes de DAP										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
10	637	503	463								
15	578	475	443	429							
20	554	461	433	420	412						
25	534	452	427	414	407						
30	521	444	420	409	402	398					
35	510	439	417	406	400	395	392				
40	500	433	412	402	396	392	389				
45		431	411	401	395	391	388	386			
50		428	408	398	392	389	386	384	383		
55			407	397	392	388	386	384	382	381	
60			405	396	390	387	384	382	381	380	380
65			404	395	390	387	384	382	381	380	379
70			404	395	390	386	384	382	381	379	379

Quadro 26 - *Variação da forma nas diferentes classes de DAP.*

Coeficiente de forma útil.

Coeficiente de forma util (*1000)											
SA	Classes de DAP										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
10	296	240	220								
15	279	231	214	207							
20	271	226	212	206	203						
25	265	224	211	206	204						
30	260	222	210	206	205	205					
35	256	220	210	206	206	206	207				
40	253	219	210	207	207	208	210				
45		219	210	208	208	209	211	213			
50		218	210	209	210	211	213	216	218		
55			211	209	210	212	214	216	219	222	
60			211	210	211	213	216	219	221	224	227
65			211	210	211	213	216	219	222	225	228
70			211	211	212	214	216	219	222	226	229

6.5.4 Análise económica das três alternativas

Ao objectivar uma dada produção no futuro, a tomada de opções técnicas quanto à instalação e condução dos povoamentos deverá ser sempre suportada por um estudo técnico e económico, a fim de salvaguardar a maior rentabilidade possível do investimento.

As simulações apresentadas no ponto **6.4** e no Anexo IV podem ser consideradas como um possível caso a estudar sob esse ponto de vista, e bastante interessante na medida em que se trata de opções de condução para a mesma situação inicial.

Como base da análise efectuada, estimaram-se os elementos de custo e de receita e ensaiaram-se diferentes cenários no que respeita à evolução da inflação e dos preços da madeira.

Custos

Os elementos de custo considerados foram os encargos de instalação, de manutenção inicial e médios anuais.

Os custos de instalação considerados foram de 100×10^3 escudos por hectare. Os encargos de manutenção inicial - que incluem limpeza de mato nos anos 3, 6 e 12 e um desbaste pré-comercial aos 10 - foram estimados

respectivamente em 12×10^3, 12×10^3, 2×10^3 e 4×10^3 escudos a preços actuais. Os encargos médios anuais, que incluem os custos com a vigilância, manutenção das vias de acesso e renda do solo, foram estimados em 3×10^3 escudos por hectare e ano, também a preços actuais.

Com base nestes valores, elaborou-se o QUADRO 27 que apresenta estes custos e o seu total para as alternativas de duração das revoluções consideradas.

Quadro 27 - *Custos estimados para a instalação e condução.*

Revolucao (anos)	Instalacao (1000esc)	M. inicial (1000esc)	S.enc.med. (1000esc)	TOTAL (1000esc)
40	100	30	41*3 = 123	253
50	100	30	51*3 = 153	283
60	100	30	61*3 = 183	313
70	100	30	71*3 = 213	343

Receitas

As receitas aqui consideradas são ùnicamente as resultantes da hipotética venda do material lenhoso produzido. Não são consideradas portanto outras possíveis receitas inerentes ao uso múltiplo da floresta - caça, apicultura, matos etc. - pelo que os resultados alcançados se apresentam afectados por defeito em relação aos resultados reais.

Em virtude de o modelo simular os produtos dos desbastes e finais estruturados por classes de diâmetro, e dentro destas ainda por classes de aproveitamento (madeira, rolaria e lenha), pode calcular-se o seu valor a preços actuais com grande precisão, uma vez que se dispõe dos preços para as diferentes classes de aproveitamento e, no caso da madeira, se ter ajustado uma relação de preços como função do *DAP* das árvores (QUADRO 28). Os quadros específicos com a estrutura das receitas a preços actuais encontram-se no Anexo V.

Quadro 28 - *Estrutura dos preços do material lenhoso.*

Cl. de aproveitamento	Precos adoptados para m3 (1986) (escudos)
Lenha	400
Rolaria	3570
Madeira	$ = 3170.2 - 157.4 * DAP + 8.6 * DAP2

Como informação geral, e para se fazer uma ideia imediata das diferenças entre as receitas esperadas pelas três conduções e quatro revoluções ensaiadas, apresenta-se um quadro global com esses valores (QUADRO 29).

Quadro 29 - *Receitas para os diferentes casos ensaiados.*

Revolucao (anos)	Receitas totais a precos actuais (1000 esc)		
	Sim. 10/25	Sim. 15/25	Sim. 15/25
40	557.1	495.2	484.4
50	1002.0	842.7	850.7
60	1700.9	1402.0	1435.6
70	2730.1	2128.5	2246.1

Análise benefícios/custos

Estimadas as receitas e as despesas a preços actuais ao longo das revoluções consideradas, podem agora montar-se alguns cenários possíveis, tendo como variável a evolução dos preços da madeira em relação à taxa de inflação média referida aos mesmos intervalos.

No caso presente, e para realçar a importância quer da condução dos povoamentos na qualidade do produto total obtido, quer da evolução dos preços da madeira nos benefícios retirados dos investimentos florestais, optou-se por considerar uma única taxa de inflação (t = 6%). Esta poderá à primeira vista parecer muito reduzida, mas para longos períodos como os referidos para as revoluções parece razoável. Contra esta taxa ensaiaram-se várias alternativas de evolução dos preços da madeira (4, 5, 6, 7 e 8%) e compararam-se os respectivas razões benefícios/custos (QUADROS 30, 31, 32, 33 e 34).

Quadro 30 - *Razões benefícios/custos (t=6%, k=4%)*

Revolucao	Sim. 10/25	Sim. 15/25	Sim. 15/20
40	0.07	-0.03	-0.04
50	0.46	0.25	0.29
60	0.89	0.59	0.66
70	1.35	0.85	0.98

Quadro 31 - *Razões benefícios/custos (t=6%, k=5%)*

Revolucao	Sim. 10/25	Sim. 15/25	Sim. 15/20
40	0.53	0.38	0.36
50	1.27	0.93	0.96
60	2.20	1.66	1.75
70	3.31	2.37	2.58

Quadro 32 - *Razões benefícios/custos (t=6%, k=6%)*

Revolucao	Sim. 10/25	Sim. 15/25	Sim. 15/20
40	1.20	0.96	0.91
50	2.54	1.98	2.00
60	4.43	3.48	3.59
70	6.96	5.21	5.55

Quadro 33 - *Razões benefícios/custos (t=6%, k=7%)*

Revolucao	Sim. 10/25	Sim. 15/25	Sim. 15/20
40	2.15	1.78	1.70
50	4.52	3.60	3.61
60	8.23	6.56	6.68
70	13.76	10.48	11.06

Quadro 34 - *Razões benefícios/custos (t=6%, k=8%)*

Revolucao	Sim. 10/25	Sim. 15/25	Sim. 15/20
40	3.53	2.94	2.81
50	7.61	6.12	6.09
60	14.69	11.77	11.91
70	26.40	20.31	21.29

Importante neste caso é de facto considerar as diferenças pontuais entre a inflação média e a evolução dos preços da madeira, não apresentando as razões benefícios/custos variações significativas para as mesmas diferenças pontuais quando se trabalha com inflações médias próximas.

6.5.5 Explorabilidade

Antes de optar por um dado tipo de condução e por um método de ordenamento, o gestor florestal põe a si próprio um certo número de questões, na medida em que deve adaptar a sua gestão às necessidades do proprietário florestal (Estado, colectividade, privado), e às potencialidades da área em questão. As questões, entre outras, poderão ser do tipo: a produção esperada é para consumo directo ou para venda? Qual é o tipo de produto final desejado? Que tipo de investimento se quererá fazer? Procura-se uma produção maximizada em material lenhoso ou uma maximização do valor do produto final? Ou antes uma boa taxa de investimento, um aumento do valor fundiário ou um melhoramento do solo? Em suma, que tipo de explorabilidade será a mais aconselhada, tendo em conta as características, as necessidades e os objectivos do proprietário?

Os tipos de explorabilidade normalmente considerados - explorabilidade física, cultural, técnica, absoluta, económica, financeira e comercial [1] - podem ser divididos em dois grupos, conforme a fixação do seu termo se baseia ou não numa caracterização quantitativa da sua produção. Os termos de explorabilidade física, técnica e cultural, são determinados pelo próprio comportamento dos povoamentos e das árvores que o constituem e, alcançados os objectivos prèviamente fixados - regra geral com base em apreciações qualitativas - considera-se atingido o seu termo. Os quatro restantes - absoluta, económica, financeira e comercial - são estimados com base em apreciações quantitativas, em que tomam particular importância a evolução dos volumes produzidos, o seu valor e, em alguns casos, o valor do solo ou da sua renda.

O termo de explorabilidade absoluta pode ser estimado a partir da evolução do volume total como função da idade. O volume total, o acréscimo médio anual e o acréscimo corrente necessários à sua estimativa, podem ser deduzidos das simulações apresentadas no ponto 6.4 - Simulações. Alternativas, e patentes no Anexo IV.

No que respeita às explorabilidades económica, financeira e comercial, a apresentação do volume principal por classes de aproveitamento, e a possibilidade de deduzir o volume secundário (por diferença entre os povoamentos antes e após desbaste) também por classes de aproveitamento, possibilita a desagregação do material produzido, e consequentemente a sua avaliação sob ponto de vista económico.

Não se pretendia, neste trabalho predominantemente biométrico, a análise do termo de explorabilidade dos povoamentos correspondentes às simulações ensaiadas. Não terá sido descabido no entanto ter verificado a adequação dos resultados obtidos à sua possível determinação e, no caso concreto dos termos

[1] Tipologia simplificada, elaborada a partir do trabalho de ALVES (1965) e do Mémento du Forestier (1978).

de explorabilidade absoluta e económica se ter encontrado respectivamente as idades de 65 e 85 anos. A primeira confirma a idade encontrada por PÁSCOA (1984) para termo de explorabilidade absoluta quando se determina o volume total pelo método de CURTIS (1967), e a segunda confirma o diferimento normal para a primeira, com a valorização do material produzido através do seu crescimento em diâmetro.

Capítulo 7

DISCUSSÃO

7.1 ASPECTOS RELATIVOS À ELABOR. DAS COMPONENTES.

Na elaboração das componentes necessárias à estruturação do modelo para a simulação da estrutura, crescimento e produção dos povoamentos de pinheiro bravo (CAP. 4), houve uma preocupação constante de verificar o comportamento biológico dos modelos adoptados, quer isoladamente quer no seu conjunto. Excluiram-se aqueles cuja apreciação individual indicava como menos apropriados, ou cuja influência noutros modelos poderia vir a contribuir para distorções nas projecções. Em ambos os casos fez-se sempre a sua substituição por outros modelos que teòricamente apresentavam também boas potencialidades, e que após verificação qualitativa, quantitativa e biológica se mostravam mais adequados ao fim em vista.

7.1.1 Classes de qualidade

A expressão adoptada para modelação da altura dominante (HD) como função da idade (SA) - expressão 10 - e que constituiu o ponto de partida do método exposto no ponto 4.2 - Classes de qualidade, foi a aplicada por BAILEY e CLUTTER (1974) com o mesmo objectivo, e derivada por uma transformação da função original de SCHUMACHER (1939).

De notar que, e tomando ainda a expressão 10 como objecto de análise, se o parâmetro $b1$ for diferente de parcela para parcela ou de estação para estação, e $b0$ se mantiver constante, existe uma variação na inclinação das várias curvas segundo a estação, e constituem então no seu conjunto um feixe de curvas polimórficas. O recurso a curvas polimórficas apresenta enormes

vantagens na caracterização das estações, pois para além de apresentar formas variáveis segundo os vários tipos encontrados e a sua fertilidade, torna as curvas independentes da escolha da idade I de referência. Exige no entanto a modelação parcela a parcela - ou estação a estação - e consequentemente o seu acompanhamento durante uma grande parte ou no todo da revolução.

Em virtude de se trabalharem dados de inventários que acompanharam a evolução do povoamento num intervalo máximo de 10 anos, não foi possível a sua elaboração neste trabalho. Optou-se portanto pela elaboração de um feixe de curvas anamórficas, com base na expressão de BAILEY e CLUTTER (1974).

O estabelecimento de classes de qualidade não apresentou dificuldades de maior. O modelo adoptado é bastante flexível, e susceptível de manipulação algébrica tendo em vista a elaboração das duas expressões finais - (19) e (20) - que estabelecem respectivamente a classe de qualidade como função da altura dominante e da idade, e a altura dominante como função da classe de qualidade e da idade. Os índices quantitativos da eficiência do modelo ajustado são elevados ($R^2 = 0.84$, $F = 625$) e a sua boa adequação à realidade foi verificada pela análise de resíduos em relação a observações que não foram utilizadas no seu ajustamento.

7.1.2 Sobrevivência

A evolução do número de árvores vivas (sobrevivência) no povoamento é, no caso estudado, muito limitada no tempo. De facto, e dentro dos dois aspectos susceptíveis de abordagem - sobrevivência até à primeira intervenção cultural e sobrevivência entre duas intervenções culturais - os dados respeitantes ao segundo só permitem constatar que nos povoamentos estudados não existe qualquer mortalidade. Como a primeira intervenção se faz o mais tardar aos 15 anos, os modelos ajustados para o primeiro período não podem ser usados em projecções para além desta idade.

Os dados de base utilizados correspondem a levantamentos feitos em povoamentos ainda não desbastados, com uma gama de idades dos 8 aos 16 anos e cujo número de plantas inicial é muito próximo (2000 a 2500), e também a um ensaio de espaçamentos instalado em 1977 na Mata do Valado. A dispersão dos dados recolhidos, aliada ao seu pequeno número, são responsáveis pela baixa eficiência dos modelos ajustados ($R^2 = 0.22$ e 0.36 respectivamente para as expressões (21) e (22): a (23) é obtida por manipulação da (21)). No entanto, a apreciação dos gráficos com os dados estimados e observados, dos gráficos dos resíduos e dos valores de F (sempre altamente significativos), permite aceitar os valores estimados como expressão suficiente, coerente e sobretudo lógica da realidade. Os modelos ajustados permitem partir de variadas situações de conhecimento dos povoamentos para

estimar o número de árvores vivas em qualquer idade no intervalo [0,15].

7.1.3 Altura da árvore individual

Estimar alturas para as diferentes classes de DAP que integram a estrutura dos povoamentos é um passo importante para a sua caracterização sob o ponto de vista qualitativo e quantitativo. A elaboração de um processo para as estimar foi conseguida através de um modelo já usado com bons resultados por GRIDER e BAILEY (1984) e ZARNOCH (1985), e que expressa a altura da árvore individual como função da altura dominante, área basal, número de árvores vivas presentes, idade e diâmetro considerado (expressão 26). O modelo retrata bem os povoamentos estudados, como o provam os seus índices de eficiência ($R^2 = 0.94$ e $F = 886$) e a análise dos resíduos efectuada. O processo utilizado no ajustamento foi não linear (BMDP3R).

7.1.4 Projecção de povoamentos não desbastados

O sistema de funções não lineares ajustado para fazer a projecção do povoamento para uma dada idade a partir dos dados iniciais (expressões 32, 33 e 34) apresenta globalmente índices de eficiência altos (R^2 respectivamente de 0.57, 0.90 e 0.91). De notar que o primeiro apresenta um índice inferior aos restantes, provàvelmente por se considerar como diâmetro mínimo o limite inferior da menor classe de diâmetro presente. Tratando-se de povoamentos ainda muito jovens, o diâmetro mínimo definido deste modo apresenta pouca variabilidade para os diferentes valores assumidos pelas variáveis independentes consideradas (HD e TS). É no entanto lógica a integração destas variáveis na expressão da variação do DMIN, mesmo em povoamentos jovens, uma vez que são no futuro as que inegàvelmente irão assumir maior influência na sua determinação (ZARNOCH, 1985).

A fixação do parâmetro de localização "a" (Weibull) como $a = 0.5 \times DMIN$ é o resultado da comparação de um grande número de projecções. Uma vez que este parâmetro não tem grande influência na distribuição e é função do DMIN (ZARNOCH e DELL, 1985; ZARNOCH, 1985), escolheu-se o valor que nas comparações feitas conduz a melhores resultados.

7.1.5 Projecção de povoamentos desbastados

Embora de concepção igual à anterior, o sistema de expressões não lineares de projecção ajustado assenta em outras variáveis independentes. Estas são neste caso as variáveis de "estado" - caracterizadoras de um dado estado do povoamento - uma vez que se assume que os factores externos (tratamentos culturais) desempenham um papel importante no futuro do povoamento. A projecção de um povoamento prèviamente desbastado exige a caracterização

de uma estrutura base no tempo $SA1$ através das suas variáveis de estado - $BA1$, $TS1$ e $HD1$ - e da definição da idade para que se projecta ($SA2$). Feita a projecção, a estrutura encontrada na idade $SA2$ - e o valor das suas variáveis de estado - vai constituir uma nova base para a próxima projecção, e assim por diante até ao fim da revolução.

O sistema de expressões agora ajustado (expressões 41, 42 e 43) apresenta índices de eficiência melhores que o anterior, dada a dispersão dos dados ser mais homogénea e o seu número bastante superior ($n = 241, R^2$ respectivamente iguais a 0.86, 0.96 e 0.92).

Neste ponto, e precisamente pelas mesmas razões que as apontadas no anterior, o valor do parâmetro "a" na idade $SA2$ foi fixado como $a = 0.9 \times DMIN2$.

7.1.6 Execução de desbastes

Com base no mesmo método (momento-percentil), trata-se aqui de recuperar os parâmetros de uma nova configuração estrutural do povoamento, derivada da anterior estrutura por incidência de um corte cultural.

Os cortes culturais identificados nos povoamentos estudados assumem dois aspectos:

a) - Normalmente o primeiro desbaste é mecânico, e só afecta o número total de árvores e a área basal, sem alterar a estrutura anterior. As expressões usadas para reconstituir a nova estrutura após desbaste são as (52) e (53), mantendo os parâmetros de Weibull os mesmos valores.

b) - Os restantes desbastes são selectivos pelo baixo, e podem assumir várias intensidades, de que resultam lógicamente diferentes áreas basais. Como foi oportunamente descrito (Ponto **4.7**), as variáveis necessárias para a reconstituição da estrutura residual (variáveis afectadas por um índice "r") são obtidas a partir das variáveis de estado do povoamento antes do desbaste (afectadas por um indice "b") e da área basal residual (BAr), introduzida pelo utilizador.

Tendo referenciado os dados em relação ao número de ordem dos desbastes (do 1º ao 4º e seguintes) verificou-se que os valores correspondentes ao primeiro eram diferentes dos outros, que se assemelhavam por sua vez bastante entre si. Resultaram assim dois conjuntos de expressões, à semelhança do que foi encontrado por ZARNOCH (1985) para o *Pinus elliotti*. As expressões ajustadas apresentam boa eficiência (R^2 sempre acima de 0.98) com excepção das referentes ao $DMINr$ (respectivamente R^2 de 0.43 e 0.84 para o 1º e restantes desbastes), podendo apesar de tudo considerar-se ainda a primeira como razoável, por apresentar um $F = 15.7$ ($***$) e a análise dos resíduos não apresentar anomalias. As experiências feitas mostraram que

esta expressão não afecta a eficiência do sistema.

7.1.7 Volumes

Embora das mais simples entre as expressões utilizadas para a elaboração de equações de perfil do tronco, a elaborada por KOZAK *et. al.* (1969) continua a gozar da preferência de muitos autores pela sua facilidade de ajustamento e de organização dos dados, por vezes não colhidos com esse objectivo.

Neste caso, os coeficientes de determinação encontrados para as diferentes classes de altura apresentam valores normalmente acima de 0.80, e os valores de F na ordem dos muitos milhares (o menor é $F = 3679$) para observações acima das 250.

As expressões que relacionam os coeficientes encontrados para as diferentes classes de altura e para as situações de com e sem casca são também altamente eficientes, pois apesar de o número de observações ser baixo - tantas quantas as classes de altura adoptadas (12) - os coeficientes de determinação são elevados (≥ 0.90) e os valores de F altamente significativos.

O conjunto de expressões obtido - 58, 59, 60, 61 e 62 - permite, através de intersubstituições, todo e qualquer tipo de desagregação do volume por classes de aproveitamento, como por exemplo entre diâmetros, alturas, ou pares de diâmetros e alturas prèviamente estabelecidos.

7.2 VALIDAÇÃO DO MODELO.

A comparação da composição e estrutura de parcelas cujos dados não foram integrados no lote dos usados na elaboração das componentes, com as simulações efectuadas para a evolução das condições base das mesmas, é uma prova suficiente da eficiência global do modelo. Os valores inscritos nos ~~QUADROS~~ GRAFICOS 8 a 15 correspondem aos valores simulados e observados, e os gráficos deles extraídos, são testemunhas dessa eficiência, quer no que toca à estrutura do modelo de simulação, quer pelo sistema de expressões ajustadas ou simplesmente adaptadas.

Para além das oito comparações feitas, algumas centenas de simulações foram efectuadas com o objectivo de "sentir" a flexibilidade e capacidade de cobrir situações diversas, e de detectar possíveis falhas.

A flexibilidade, no que respeita à cobertura de situações diversas, e a sensibilidade no que respeita à diferenciação de situações semelhantes à partida mas com ligeiras diferenças - por exemplo na condução - foram confirmadas. Algumas anomalias foram também detectadas, mas unicamente na execução

de desbastes, conforme foi já mencionado no ponto **4.7** - Execução de desbastes. Por vezes a convergência no processo iterativo da reconstituição dos parâmetros de Weibull conduz a estruturas que não são aceitáveis, ou simplesmente não se verifica a convergência.

Estes poucos casos anómalos nas inúmeras simulações efectuadas apresentam algumas relações entre si. As simulações em que os desbastes foram pouco intensos ou pouco espaçados no tempo apresentam por vezes anomalias na convergência do processo iterativo da bissecção, e consequentemente na reconstituição dos parâmetros. Se se espaçarem mais os desbastes - o que conduz também a intervenções mais intensas se se pretenderem áreas basais residuais da mesma ordem - ou se se optar simplesmente por desbastes relativamente mais intensos - áreas basais residuais mais baixas - regra geral a convergência e a reconstituição dos parâmetros faz-se normalmente.

Isto aponta claramente para uma limitação ao uso do modelo, questão que já foi oportunamente abordada no ponto **4.7** - Execução dos desbastes. Os conjuntos de expressões referentes aos desbastes modelam de facto intervenções razoàvelmente espaçadas no tempo (10 ou mais anos), e no caso de povoamentos adultos reduzem a área basal para valores entre os 15 e os $25m^2$, por vezes até menos. As simulações a ensaiar com este modelo, e enquanto não houver dados referentes a outras rotações e outras áreas basais residuais susceptíveis de serem modeladas e substituirem este conjunto, não poderão afastar-se muito daqueles limites.

7.3 SIMULAÇÃO DE ALTERNATIVAS.

A simulação de alternativas para uma mesma situação de partida é provavelmente a principal vocação de um modelo como o concebido. Ao gestor florestal interessará principalmente informação sobre as decisões a tomar para a maximização da rentabilidade de uma dada estação, conhecidas as potencialidades da área sob a sua administração em termos de diferencial do potencial produtivo. As opções a tomar para duas estações com potencial produtivo diverso serão necessàriamente também distintas, pelo que não são susceptíveis de comparação. Pelo contrário, a comparação de alternativas só é aplicável quando se trata da mesma estação, e portanto quando as condições iniciais são exactamente as mesmas.

No ponto **6.4** - Simulações alternativas - apresentaram-se alguns quadros de resultados, que fazem a comparação quantitativa e qualitativa de produções correspondentes às três alternativas ensaiadas. Sob o ponto de vista do volume total produzido não existem diferenças significativas, tal como se esperava. A diferença máxima para a média das três simulações é (aos 70

anos) inferior a 3%. Se se analisar este volume total sob o ponto de vista do aproveitamento, verifica-se que a alternativa 10/25 é bastante mais favorável ao apresentar uma razão Volume de madeira/Volume total (0.61), maior que as outras (ambas com 0.53).

A evolução do *DAP* médio é também sempre mais favorável na alternativa 10/25. Tendo em atenção que nas simulações 10/25 e 15/25 a intensidade dos desbastes é semelhante, ou melhor, que os povoamentos são conduzidos dentro de um mesmo princípio de redução da área basal ($25m^2$), este facto demonstra a influência da idade da primeira intervenção. É de realçar também o crescimento em *DAP* da alternativa 15/20. Apesar de a primeira intervenção ocorrer aos 15 anos tal como acontece na 15/25, a resposta a áreas basais mais baixas - competição menos acentuada - estimula o crescimento em diâmetro.

O número de árvores presente em corte final é sempre uma relação de compromisso entre o crescimento do povoamento em *DAP* e a área basal residual imposta de uma forma sistemática. Logicamente, e em igualdade de áreas basais, um povoamento com árvores mais grossas terá menos árvores.

Finalmente, e ainda sob um ponto de vista quantitativo, um erro pode ser deduzido dos QUADROS 16 e 17 do ponto **6.4.2** se se observarem os volumes principais para a revolução dos 70 anos. Não é normal que a simulação 10/25, que mantém um volume principal sempre superior nas outras revoluções, apresente na última números inferiores. Estas diferenças justificam-se pelo facto de as intervenções culturais ocorrerem de uma forma desencontrada, de que resultam intervalos diferentes entre as últimas intervenções e os cortes finais (conferir se necessário nas simulações do Anexo 4).

Aprofundando a análise sobre as alternativas consideradas, constata-se também uma diferenciação qualitativa no material produzido, com grande importância na rentabilidade do investimento. Sobre o volume total retirado em corte final, as três situações apresentam - pela ordem em que têm vindo a ser apresentadas (10/25, 15/25 e 15/20) - percentagens de madeira de 83, 76 e 81% respectivamente. Quanto a rolaria, as percentagens são respectivamente de 16, 23 e 18%. Aliás, estas percentagens relativas de distribuição dos volumes permitem alargar ao nível do povoamento os valores individuais indicados por ALVES (1982) para o pinheiro bravo.

A simulação 10/25 apresenta assim maior volume de madeira - quer globalmente quer em corte final - e maior *DAP* médio, sendo a grandeza desta última variável consequência de uma estrutura mais favorável, com maior número de árvores grossas. Essa estrutura é conhecida e serviu de base à elaboração do QUADRO 19 (Classes de madeira), que mostra a importância da condução na educação dos povoamentos. Esta alternativa, para além de produzir um maior volume de madeira, apresenta-o sempre com uma qualidade superior em qualquer das revoluções.

Das simulações afectadas, pode deduzir-se um volume total sem casca de 250m^3 aos 70 anos para as duas primeiras (10/25 e 15/25) e 239m^3 para a terceira (15/20). Convertendo estes volumes em volumes com casca através dos coeficientes de forma útil estabelecidos, ou realizando as simulações com opção por volumes com casca, os resultados são sensívelmente os mesmos e assumem respectivamente os valores de 446 e 426m^3, que confirmam anteriores estudos na determinação do volume total para a mesma classe de qualidade na Mata Nacional de Leiria (PÁSCOA, 1984).

7.4 EXPLORAÇÃO DOS RESULTADOS.

Apresentados e discutidos os assuntos que se consideram mais importantes neste trabalho, interessa agora penetrar em aspectos que podem ajudar a compreender os processos complexos de causa e efeito que se sucedem ao longo de toda a vida do povoamento, e que são em grande parte susceptíveis de ser manipulados pelo gestor florestal.

Considerando a altura média das classes de diâmetro, o exemplo elaborado para a classe de *DAP* de 30cms da simulação 10/25 mostra como esta é susceptível a variações da área basal, número de árvores vivas e idade. Por outro lado, e considerando agora a estrutura global de um povoamento na idade de 30 anos, verifica-se como se estratificam as alturas por classes de *DAP*, e dentro destas últimas, como são afectadas as alturas pela área basal e pelo número de árvores vivas. A competição, dentro de certos limites é claro, estimula o crescimento em altura, como se pode deduzir dos QUADROS 20 e 21.

No que respeita à evolução da árvore média nas simulações, verifica-se que existem diferenças nos três parâmetros comparados (*HT*, *DAP* médio e FORMA), embora só as diferenças em diâmetro assumam importância (na revolução de 70 anos traduz-se num acréscimo de 13% da maior sobre a menor). Seria de esperar que a forma também fosse afectada de uma forma significativa pela condução. No caso presente tal não transparece, provàvelmente por se ter utilizado a mesma equação de perfil do tronco, uma vez que os dados de base para a sua elaboração não permitirem a segregação por tipos de condução. Ensaios de condução em curso poderão a médio prazo verificar se e como é afectada a forma das árvores sujeitas a regimes diferentes.

Tentando conhecer o processo de evolução da forma nas árvores que integram as diferentes classes de *DAP*, fez-se para o povoamento resultante da simulação 10/25 o seu acompanhamento, considerando os três coeficientes adoptados - com casca, sem casca e útil. Analisando um a um, no caso do coe-

ficiente de forma com casca verifica-se que todas as classes de DAP apresentam um padrão decrescente, mais marcado nas classes inferiores. Nas superiores, as árvores que as atingem mantêm uma forma mais ou menos estável, dada a condição que assumem de árvores dominantes, menos afectadas pela competição. O coeficiente de forma sem casca apresenta padrões de desenvolvimento muito semelhantes ao anterior, embora sempre com variações mais amplas. Isto justifica-se talvez pelo facto de a casca não manter a mesma espessura ao longo das árvores. O coeficiente de forma útil mostra uma evolução bastante diferente da dos anteriores. Embora decrescente nas classes de DAP inferiores (10 e 15), a classe de DAP de 20 cms marca o início de uma evolução diferente: decrescente até aos 30 anos, estabiliza pràticamente a partir desta idade. Na classe de DAP 30 o padrão é crescente, acentuando -se ainda mais nas classes de DAP mais altas. Este comportamento estranho à primeira vista pode ser justificado por a partir de uns certos DAP e idade, limites mais ou menos móveis consoante o tipo de condução adoptado para uma dada estação, o crescimento em altura diminuir e o crescimento em diâmetro se fazer de uma forma diferencial ao longo do tronco, permitindo assim formas mais favoráveis.

A introdução de um novo coeficiente de forma - coeficiente a que se atribui a designação de útil por relacionar o volume sem casca com o do cilindro ideal com base sobre casca - é de grande importância prática na avaliação de volumes de lenho em pé, pela sua facilidade de manejo e simplicidade de cálculo.

7.5 ANÁLISE ECONÓMICA

Tendo como objectivo a comparação das três alternativas sob o ponto de vista económico, optou-se por uma análise benefícios/custos. As despesas e as receitas foram estimadas a preços actuais com base em dados recolhidos junto de fontes oficiais, ligadas aos trabalhos de arborização e condução de povoamentos (DGF) e à comercialização dos produtos florestais (IPF).

Demonstrada a importância da condução dos povoamentos, principalmente na qualidade do material lenhoso produzido, um estudo económico desta natureza tem que acautelar também as possíveis evoluções dos seus preços em relação à inflação. Se nas últimas décadas - sobretudo nos últimos 20 anos - o preço do material lenhoso tem evoluído em Portugal a taxas muito inferiores às da inflação média, isso deve-se principalmente a duas razões: uma primeira que se prende com as altíssimas taxas de inflação registadas, resultantes da combinação de causas externas (crise energética, conjuntura internacional) e internas (descolonização, desorganização do sector

produtivo), e uma segunda que reflete a influência das grandes indústrias na fixação dos preços na penúltima década (Madeiper) e ainda agora, e de uma enorme oferta de material proveniente dos incêndios florestais. No entanto, e sob pena de rotura do mercado, as perspectivas de futuro terão que ser forçosamente outras, e bastante mais prometedoras. A inflação, para além de mostrar actualmente tendência para baixar, ao analisar-se em termos de longos períodos - e a revolução mais curta considerada é de 40 anos - esbate estas altas períodicas. A médio prazo, e mesmo com a tomada de medidas drásticas no que respeita aos fogos florestais e à reflorestação, a oferta passará gradualmente a ser inferior à procura, uma vez que passámos a integrar um espaço económico altamente deficitário nestes produtos. E consequentemente os preços terão então que subir, pelo menos ao nível da taxa de inflação média, muito provàvelmente mesmo a níveis superiores.

Dentro deste cenário, fixou-se a taxa de inflação em 6% e a evolução dos preços a cinco níveis - dois inferiores (4 e 5%), dois superiores (7 e 8%) e um igual - e fizeram-se análises benefícios/custos para os cinco casos aplicáveis às três simulações. A fixação da taxa de inflação a este nível pode ser discutível, uma vez que ao tratar-se longos períodos se utilizam normalmente taxas inferiores. Mas o mais importante nestes casos é a diferença pontual entre as taxas, não variando os resultados de uma forma sensível se se trabalhar com níveis não muito afastados de inflação.

Os resultados são interessantes e mostram, como seria de esperar, uma maior rentabilidade do povoamento resultante da simulação 10/25 em qualquer das situações apresentadas. De notar também a inversão da rentabilidade entre os tratamentos 15/25 e 15/20, a partir de diferentes idades consoante o cenário adoptado, a compensar as maiores dimensões do material produzido.

Para diferenças pontuais de −2%, a análise efectuada apresenta valores muito baixos, mesmo negativos em dois casos quando se fixa o termo da revolução aos quarenta anos. Quando esta diferença é de −1%, os valores embora baixos são já todos positivos. A partir da igualdade ou em casos de diferenciais positivos, os investimentos em florestação apresentam-se altamente rentáveis, mesmo espectaculares se as diferenças atingirem os +2%, com relações benefícios/custos que ultrapassam o valor 20 para revoluções de 70 anos.

7.6 EXPLORABILIDADE

O ponto **6**.5.5 - Explorabilidade, deixou em aberto a questão de qual o tipo de explorabilidade mais adequada para um dado caso concreto. Cabe agora, embora de uma forma simplificada, abordar essa questão. Em termos

gerais, os proprietários florestais podem ser divididos em três grandes grupos: privados, colectivos e Estado.

Os **proprietários privados** pretenderão, em princípio e acima de tudo, salvaguardar o seu capital e assegurar um investimento convenientemente remunerado, principalmente quando são pequenos proprietários. É por estes motivos que os seus povoamentos deverão ser orientados para um tipo de **explorabilidade financeira ou comercial**. Quando os povoamentos constituem um investimento temporário, como no caso de uma sociedade industrial que quer aplicar capitais durante um certo intervalo de tempo, deve procurar-se para este proprietário o termo de **explorabilidade comercial**. Por outro lado, se se tratar de um investimento permanente, caso comum de proprietários rurais tradicionais, pequenos proprietários ou agrupamentos de produtores florestais, é principalmente a taxa de rendimento que deverá orientar a escolha, e portanto o termo de explorabilidade mais conveniente é o **financeiro**.

Os **proprietários colectivos** e comunitários de áreas florestais, poderão ter que suprir algumas das suas necessidades com os produtos florestais em natureza. Caso de lenhas, material para estacaria ou para manutenção de construções etc.. O termo de explorabilidade procurado deverá ser assim o **técnico ou o absoluto**. Mas na maioria dos casos, as colectividades preocupam-se essencialmente com os seus orçamentos e, como não se põe aqui a questão da explorabilidade financeira ou comercial, deverá optar-se pelo termo de **explorabilidade económica**.

Se as áreas florestais são pertença do **Estado**, não deverá em princípio ser tomada em consideração a taxa de rendimento, uma vez que o solo é inalienável. Não se encaram portanto à partida as hipóteses de explorabilidade financeira ou comercial. A **explorabilidade económica** é defensável em princípio (produção média anual máxima em dinheiro), mas não se deve minimizar um importante papel que deverá caber ao Estado, e que consiste na produção do material lenhoso mais necessário às exigencias da Nação. As madeiras de grandes dimensões não podem ser produzidas senão a baixas taxas da rendimento, porque se o seu valor aumenta com as dimensões, o capital imobilizado também aumenta, e estudos efectuados mostram por vezes para estes casos, taxas de rendimento inferiores a 1%. Poderá então dizer-se que a produção de madeiras de grandes dimensões é um luxo que os proprietários privados não podem suportar. Deverão contribuir para o suporte destes custos, uma parte das taxas de exportação, sobretudo das correspondentes às industrias florestais. Sob este ponto de vista, e se o Estado quiser produzir as madeiras adequadas às suas próprias necessidades, deverá optar por um termo de **explorabilidade técnica**. Outras considerações se poderiam ainda tecer sobre este assunto, como por exemplo o estabelecimento de uma conjuntura económica que obrigasse à produção de todas as madeiras

gerais, os proprietários florestais podem ser divididos em três grandes grupos: privados, colectivos e Estado.

Os **proprietários privados** pretenderão, em princípio e acima de tudo, salvaguardar o seu capital e assegurar um investimento convenientemente remunerado, principalmente quando são pequenos proprietários. É por estes motivos que os seus povoamentos deverão ser orientados para um tipo de **explorabilidade financeira ou comercial**. Quando os povoamentos constituem um investimento temporário, como no caso de uma sociedade industrial que quer aplicar capitais durante um certo intervalo de tempo, deve procurar-se para este proprietário o termo de **explorabilidade comercial**. Por outro lado, se se tratar de um investimento permanente, caso comum de proprietários rurais tradicionais, pequenos proprietários ou agrupamentos de produtores florestais, é principalmente a taxa de rendimento que deverá orientar a escolha, e portanto o termo de explorabilidade mais conveniente é o **financeiro**.

Os **proprietários colectivos** e comunitários de áreas florestais, poderão ter que suprir algumas das suas necessidades com os produtos florestais em natureza. Caso de lenhas, material para estacaria ou para manutenção de construções etc.. O termo de explorabilidade procurado deverá ser assim o **técnico ou o absoluto**. Mas na maioria dos casos, as colectividades preocupam-se essencialmente com os seus orçamentos e, como não se põe aqui a questão da explorabilidade financeira ou comercial, deverá optar-se pelo termo de **explorabilidade económica**.

Se as áreas florestais são pertença do **Estado**, não deverá em princípio ser tomada em consideração a taxa de rendimento, uma vez que o solo é inalienável. Não se encaram portanto à partida as hipóteses de explorabilidade financeira ou comercial. A **explorabilidade económica** é defensável em princípio (produção média anual máxima em dinheiro), mas não se deve minimizar um importante papel que deverá caber ao Estado, e que consiste na produção do material lenhoso mais necessário às exigencias da Nação. As madeiras de grandes dimensões não podem ser produzidas senão a baixas taxas da rendimento, porque se o seu valor aumenta com as dimensões, o capital imobilizado também aumenta, e estudos efectuados mostram por vezes para estes casos, taxas de rendimento inferiores a 1%. Poderá então dizer-se que a produção de madeiras de grandes dimensões é um luxo que os proprietários privados não podem suportar. Deverão contribuir para o suporte destes custos, uma parte das taxas de exportação, sobretudo das correspondentes às industrias florestais. Sob este ponto de vista, e se o Estado quiser produzir as madeiras adequadas às suas próprias necessidades, deverá optar por um termo de **explorabilidade técnica**. Outras considerações se poderiam ainda tecer sobre este assunto, como por exemplo o estabelecimento de uma conjuntura económica que obrigasse à produção de todas as madeiras

que fazem falta ao país, em virtude de a sua importação acentuar o défice da balança comercial. Neste caso deveria procurar-se uma produção maximizada do material lenhoso, o que equivaleria a adoptar o termo de **explorabilidade absoluta**.

Capítulo 8

Conclusões

Os resultados obtidos e a discussão efectuada permitem alinhar algumas conclusões, relativas ao modelo de simulação elaborado - que constitui o objectivo primeiro deste trabalho - e à análise técnico-económica das alternativas de condução apresentadas.

Assim, e relativamente ao modelo global, é de realçar a sua eficiência dentro do universo das situações de base referenciadas, como o demonstra a validação efectuada no Capítulo 6 - Resultados. Pode concluir-se que *o modelo elaborado permite a simulação da evolução da estrutura, do crescimento e da produção dos povoamentos regulares de pinheiro bravo, partindo de situações diferenciadas no que respeita à produtividade das estações, às características iniciais dos povoamentos e à condução dos mesmos.*

Esta eficiência permite ainda concluir que *as componentes elaboradas para a calibração do modelo, foram devidamente harmonizadas entre si, e constituem um conjunto de expressões funcional para a simulação de alternativas de compassos iniciais de instalação e regimes de condução.*

O modelo pode portanto ser usado para *predizer a estrutura, crescimento e produção de povoamentos de pinheiro bravo, para quaisquer combinações de idade, produtividade, compasso inicial e regime de condução.* As simulações apresentadas no ponto 6.4 - Simulações. Alternativas - provam-no, e os seus resultados constituem uma excelente base para as apreciações técnico-económicas que servem de suporte às decisões para a gestão dos povoamentos no futuro.

Fazer correr o modelo por um processo interactivo foi uma opção intencional. A desconfiança com que as máquinas são ainda hoje encaradas, levou à procura de uma forma humanizada de contacto entre esta e o utilizador. o que se pensa ter sido conseguido com o diálogo encontrado. *Para se simular a evolução de um povoamento com este modelo não é necessário dominar qualquer linguagem informática. Experiências feitas com potenciais futuros*

utilizadores, aos quais foi dada uma pequena explicação prévia sobre o funcionamento e limitações do modelo, foram sempre positivas.

Dentro ainda de uma apreciação global do modelo, é de salientar o *diferente carácter dos desbastes selectivos praticados*, que permitiu tratar separadamente o primeiro dos restantes, e modelar de uma forma mais correcta a execução das operações culturais.

As simulações efectuadas com o objectivo de documentar todo o processo de introdução dos dados e da saída dos resultados, e também de servir de base a uma apreciação técnico-económica das três alternativas, cumprem plenamente esses objectivos.

Se se apreciar isoladamente o resultado de uma simulação, este pode parecer à primeira vista uma tabela de produção convencional. Mas mesmo neste campo restrito, *a simulação apresenta algumas vantagens, uma vez que a estrutura do povoamento é imediatamente detectável, e os volumes são desagregados por classes de aproveitamento com ou sem casca. Para além disso, as tabelas de produção convencionais representam normalmente "a silvicultura" praticada nos povoamentos que serviram de base à sua elaboração, enquanto que qualquer simulação não representa mais do que "uma silvicultura" passível de aplicação, que pode ser comparada com "outras silviculturas" por forma a se poder escolher a mais vantajosa.*

Da apreciação dos resultados das três simulações, e sob um ponto de vista estritamente quantitativo, pode concluir-se que a oportunidade dos desbastes não afecta a produção em volume total, o mesmo não acontecendo com a sua intensidade que, expressa em termos de área basal residual, exerce uma influência negativa no volume total produzido, embora as diferenças obtidas não sejam ainda significativas.

Sob ponto de vista qualitativo, a apreciação é já diferente. *A oportunidade dos desbastes, sobretudo do primeiro, manifesta uma influência decisiva na qualidade do produto obtido.* Se se reduzir em cada intervenção a área basal do povoamento para um mesmo valor, *um primeiro desbaste mais cedo proporciona uma maior valorização do produto, uma vez que este apresenta maiores dimensões, e consequentemente uma maior participação do volume de madeira no volume total.* Verifica-se também que, *em termos económicos, a hipótese de conduzir um povoamento com áreas basais relativamente baixas, conjugada com a realização de um primeiro desbaste tardio, pode ser compensadora, sobretudo se se visar a produção de madeira de qualidade e grandes dimensões.*

Quanto à evolução da altura média das árvores numa dada classe de *DAP*, como consequência do tipo de condução exercido, várias conclusões são possíveis a partir destes resultados das simulações. *Esta variável*, considerando a mesma classe de diâmetro em povoamentos com a mesma idade, *é afectada de uma forma negativa pelo aumento da área basal, e de uma forma*

positiva pelo aumento do número de árvores. Se se comparar esta mesma variável entre povoamentos com características semelhantes mas idades diferentes, verifica-se que *as mesmas classes de diâmetro vão assumindo alturas progressivamente maiores com a idade do povoamento.* Pode concluir-se que, mantendo as restantes características do povoamento valores equivalentes, e dentro de certos limites ainda não conhecidos, *a altura média de uma dada classe de diâmetro - e portanto do povoamento - é estimulada por um maior número total de árvores presentes e inibida pelo aumento de área basal.* Verifica-se ainda que *a altura média de uma dada classe de diâmetro aumenta com a idade, embora as árvores que a vão sucessivamente constituindo a atinjam com uma idade mais avançada.*

A comparação das árvores médias das simulações, no que respeita à evolução da forma, altura e diâmetro, permite pelo menos concluir que *o diâmetro é significativamente afectado pelo tipo de condução adoptado.* Não se verificaram por outro lado diferenças significativas na evolução da altura e da forma. Se no primeiro caso era lógico esperar este tipo de conclusão, no segundo - onde se fez a introdução de um novo conceito de forma (útil) - já não é tão lógico, embora se admita que os dados não permitem uma grande precisão neste aspecto. Em virtude de a forma ser importante, quer para a quantificação dos volumes produzidos, quer ainda para uma mais correcta valorização dos produtos, estudos mais pormenorizados deverão ser iniciados com este objectivo.

A forma das árvores que integram as diferentes classes de diâmetro ao longo de uma revolução não é constante, e apresenta padrões de desenvolvimento muito díspares consoante o coeficiente de forma analisado. *Os coeficientes de forma com e sem casca, correspondentes a uma dada classe de diâmetro, apresentam um padrão de desenvolvimento sempre decrescente com a idade. O coeficiente de forma útil apresenta padrões diferentes conforme as classes de diâmetro: é decrescente para as classes de 15 cm e inferiores, estável para a classe de 20 cm e crescente para as superiores a este valor.*

A análise económica (em termos de benefícios/custos) mostra antes de tudo que é possível realizar este tipo de operações para alternativas de condução. E que em termos estritamente económicos - sempre que as condições estacionais o permitam - a opção por um regime de condução cujo objectivo seja a produção de madeira de qualidade, pode ser altamente compensadora. Permite ainda verificar que, a opção pela produção deste ou daquele tipo de produto, tem que ser tomada o mais cedo possível, sob pena de mais tarde não serem já possíveis algumas das alternativas, ou se o forem, só à custa de algumas perdas no processo.

É possível a fixação do termo de explorabilidade mais adequado a cada caso, a partir dos resultados das simulações. E não só para povoamentos a instalar ou muito jovens, mas também para povoamentos adultos. Sendo os

primeiros casos mais óbvios, como se viu nos exemplos apresentados, o problema respeitante a este último pode ser contornado com uma reconstituição plausível do seu passado. Para tal pode ser necessário mais do que uma tentativa, sendo factor de aferição do resultado uma caracterização inicial aceitável e uma semelhança o maior possível entre a simulação e o povoamento que se pretende reconstituir na idade actual.

Pode concluir-se finalmente que, tendo em consideração as limitações apontadas, *o modelo elaborado é bastante eficaz quando aplicado à zona estudada, e que os resultados das suas simulações, na medida em que permitem análises técnicas - onde assumem grande importância as relações de causa e efeito, explicáveis à luz do conhecimento da biologia da espécie - e económicas, constituem uma base credível para organizar as respostas a uma série de questões que interessam os gestores florestais, nomeadamente no que respeita a compassos iniciais de instalação e tipo de condução consoante os objectivos a alcançar e, também muito importante, a fixação do termo de explorabilidade mais apropriado qualquer que seja o estado do povoamento.*

Agradecimentos

Muitas foram as contribuições pessoais e institucionais recebidas durante a elaboração deste trabalho, todas merecedoras dos mais sinceros agradecimentos, pelo que não poderíamos deixar de manifestá-los aqui.

Ao Professor Monteiro Alves, do Departamento de Engenharia Florestal do Instituto Superior de Agronomia, a sua competente orientação, o seu interesse, e o estímulo sempre constantes para o aperfeiçoamento das diferentes partes do trabalho. Aos Doutores Thomas Dell e Stanley Zarnoch, Investigadores da Southern Forest Experiment Station (USDA-EUA), pela inestimável ajuda e orientação no estabelecimento da metodologia, e na elaboração das componentes para o modelo.

Também ao Professor Carvalho Oliveira e ao Doutor Paul Van Deusen, do DEF-ISA e da SFES (USDA-EUA) respectivamente, pela ajuda pontual sempre pronta, pelo apoio crítico, e pelas sugestões decorrentes das inúmeras conversas sobre os problemas que foram surgindo.

Ao Engenheiro Lince de Oliveira, Chefe do Departamento de Biometria e Economia Florestais da EFN, pela colaboração crítica e pelo encorajamento constante. Ao Engenheiro Rui Silva, também do DBEF-EFN, pelo constante interesse e colaboração, e também pela já habitual competente revisão final, que muito contribuiram para a valorização do trabalho. A estes dois colegas, um agradecimento muito particular pela amizade e pela partilha do seu precioso tempo e saber na colaboração prestada.

Aos Engenheiros Mário Tavares e Joaquim Figueiredo, da EFN, pelo interesse com que acompanharam este trabalho, e pela sua colaboração sempre pronta.

Ao Engenheiro Acácio Amaral, na altura Chefe da Circunscrição Florestal da Marinha Grande, pela cedência de uma parte importante dos dados utilizados, sem os quais não teria sido possível testar o modelo. À Engenheira Susana Gomes, pela ajuda na recolha desses dados.

Ao Professor António St. Aubyn, Director do CIISA, e ao Engenheiro Agra Coelho, também do CIISA, o interesse e a ajuda no decorrer da elaboração do programa e das suas componentes.

À Gabriela Urbano e ao Carlos Perpétuo, que fizeram o arranjo e a composição deste texto.

Bibliografia

ALMEIDA, A. F., PÁSCOA, F., SILVA, R., TAVARES, M. (1978). Custos de instalação de um ensaio de espaçamentos na Mata Nacional do Valado. Doc. Interno, EFN.

ALMEIDA, V. V., PÁSCOA, F., SILVA, R. (1983). Áreas óptimas das parcelas de amostragem. *Notas Técnico-Científicas* **4**, EFN.

ALVES, A. A. M. (1966). Planeamento da empresa florestal. Teoria da explorabilidade. *Anais do ISA,* Lisboa.

ALVES, A. A. M. (1982). Técnicas de produção florestal. INIC, Lisboa.

AMARAL, A. A. (1980). Mata Nacional de Leiria - Ordenamento. DGOGF, Circ. Flo. Marinha Grande.

ARNEY, J. D. (1972). Computer simulation of Douglas-fir tree and stand growth. Ph. D. thesis, Oregon State University, Corvallis.

BAILEY, R. L., CLUTTER, J. L. (1974). Base-age invariant polymorphic site curves. *Forest Science* **20(2)**:155–159.

BAILEY, R. L., DELL, T. R. (1973). Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Science* **19(2)**: 97–104.

BELLA, I. E. (1971). Simulation of growth, yield and management of aspen. Ph.D. thesis, University of British Columbia, Vancouver.

BLISS, C. I., REINKER, K. A. (1964). A log-normal approach to diameter distributions in even aged stands. *Forest Science* **10**: 350–360.

BRUCE, D. (1972). Some transformations of the Behre equation of tree form. *Forest Science* **18(2)**: 164–166.

BURKHARDT, H. E., STRUB, M. R. (1974). A model for simulation of planted loblolly pine stands, *in* J. Fries (ed.) *Growth models for tree and stand simulation.* Royal Coll. For. Res. Notes 3, Stockholm.

CASTRO, L. M. (1985). Evaluation of alternative levels of mechanisation in short-wood timber harvesting. Ph. D. thesis, University of Lencaster.

CLUTTER, J. L., BENNETT, F. A. (1965). Diameter distributions in old-field slash pine plantations. Georgia Forest Research Council Report 13.

CONTE, S. D., BOOR, C. (1965). Elementary numerical analysis. An algorithmic approach. McGraw-Hill Book Company, New York.

DEMAERSCHALK, J. P. (1971). An integrated system for the estimation of tree taper and volume. M.Sc. thesis, University of British Columbia, Vancouver.

DRESS, P. E. (1970). A system for the stochastic simulation of even aged forest stands of pure species composition. Ph. D. thesis, Purdue University, Indiana.

FIGUEIREDO, J. P. (1978). Recherches sur le determinisme du fonctionnement cambial du Pin maritime dans le massif forestier Aquitain et au Portugal. Thèse de Docteur Ingénieur, Université de Bordeaux I.

FISHER, R. A., TIPPETT, L. H. (1928). Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest number of a sample. *24th Camb. Philos. Society Proceedings,* pp.180–190.

GOULDING, C. J. (1972). Simulation techniques for a stochastic model of the growth of Douglas-fir. Ph. D. thesis, Univ. of British Columbia,Vancouver.

GOULDING, C. J., MURRAY, J. C. (1972). Polynomial taper equations that are compatible with tree volume equations. *N. Z. J. of Forestry Science* **5(3)**: 313–322.

GRIDER, G. E., BAILEY, R. L. (1984). A computer simulation model for stand structure, yield, growth and financial analysis of thinned, site-prepared slash pine plantation. Res. Bull. **308**, University of Georgia.

HAMILTON, G. J., CHRISTIE, J. M. (1974). Construction and application of stand yield models, *in J. Fries (ed.) Growth models for tree and stand simulation.* Royal Coll. For. Res. Notes 3, Stockholm.

HOYER, G. E. (1972). Measuring and interpreting Douglas-fir management practices (Explanation of a simulation technique, its results and meaning). Department of Natural Resources Report 24, State of Washington.

JOHNSTONE, D. R., GRAYSON, A. J., BRADLEY, R. T. (1967). Forest planning. Faber and Faber, London.

KOSAK, A., MUNRO, D. D., SMITH, J. H. (1969). Taper functions and their applications in forest inventory. *The Forest Chronicle* **45(4)**: 278–283.

KOSAK, A., SMITH, J. H. (1966). Critical analysis of multivariate techniques for estimating tree taper suggests that simpler methods are best. *The Forest Chronicle* **42(4)**: 458–463.

KNOEBEL, B. R., BURKHARDT, H. E., BECK, D. E. (1985). A growth and yield model for thinned stands of yellow poplar. *Forest Science Monograph 27 (Supplement to Forest Science* **32(2)**).

LEAK, W. B. (1965). The J-shaped probability distribution. *Forest Science* **11**: 405–409.

LEMON, P. E., SHUMACHER, F. X. (1962). Volume and diameter growth of Ponderosa pine as influenced by site index, density, age and size. *Forest Science* **9**: 236–249.

LENHART, J. D., CLUTTER, J. L. (1971). Cubic-foot yield tables for old-field loblolly pine plantations in the Georgia Piedmont. Ga. For. Res. Counc. Rep. 22, series 3.

LIN, J. Y. (1970). Growing space index and stand simulation of young western hemlock in Oregon. Ph. D. thesis, Duke University, Oregon.

MATNEY, T. G., LEDBETTER, J. R., SULLIVAN, A. D. ( ). Diameter distributions for young cutover site prepared slash pine plantations in Mississippi. Submetida a publicação no South. Jour. of Forestry em 1985.

MATNEY, T. G., SULLIVAN, A. D. (1982a). Compatible stand and stock tables for thinned and unthinned loblolly pine stands. *Forest Science* **28(1)**: 161–171.

MATNEY, T. G., SULLIVAN, A. D. (1982b). Approximating thinned stands diameter distributions with statistical probability functions. *Proc. 2nd. Biennial Southern Silvicultural Research Conference.* Atlanta, Ga, pp.315–324.

McGEE, C. E., DELLA-BIANCA, L. (1967). Diameter distributions in natural yellow poplar stands. USDA Forest Service Res. Pap. SE-25.

MEYER, W. H. (1930). Diameter distribution series in even-aged forest stands. Yale University, Sch. For. Bull. 28.

MEYER, H. A., STEVENSON, D. D. (1943). The structure and growth of virgin beech-birch-maple-hemlock forests in northern Pennsylvania. *Journal of Agr. Res.* **67**: 465–484.

MITCHELL, K. J. (1969). Simulation of the growth of even-aged stands of white spruce. Yale University, Sch. For. Bull. 75.

MUNRO, D. (1974). Forest growth models - a prognosis, *in* J. Fries (ed.) *Growth models for tree and stand simulation.* Royal Coll. For. Res. Notes 3, Stockholm.

MYERS, C. A. (1971). Field and computer procedures for managed stand yield tables. USDA Res. Paper RM-79.

NELSON, T. C. (1964). Diameter distribution and growth of loblolly pine. *Forest Science* **10**: 105–115.

NEWNHAM, R. M. (1964). The development of a stand model for Douglas-fir. Ph.D. thesis, University of British Columbia, Vancouver.

OLIVEIRA, A. M. C. (1984). Teoria da produção florestal. CEF(ISA) E/84-2, Lisboa.

OLIVEIRA, J. A. ( ). Fichas ecológicas. Não publicado.

ORMEROD, D. W. (1973). A simple bole model. *The Forestry Chronicle* **49**: 136–138.

OSBORNE, J. G., SCHUMACHER, F. X. (1935). The construction of normal yield and stand tables for even-aged timber stands. *Journal of Agr. Res.* **51**: 547–564.

PÁSCOA, F. (1984). Determinação do volume total em povoamentos de pinheiro bravo. Tese de mestrado. Gab. Econ. Florestal E/84-3, ISA, Lisboa.

SCHMELZ, D. V., LINDSEY, A. A. (1965). Size-class structure of old-growth forests in Indiana. *Forest Science* **11**: 258–264.

SCHNUR, G. L. (1934). Diameter distributions for old-field loblolly pine stands in Maryland. *Journal of Agr. Res.* **49**: 731–743.

SCHUMACHER, F. X. (1939). A new growth curve and its applications to timber yield studies. *Journal of Forestry* **37**: 819–820.

STAGE, A. R. (1973). A prognosis model for stand development. USDA Forest Science Laboratory, Moscow, Idaho.

WEIBULL, W. (1939). A statistical theory of the strength of material. Ing. Vetensk Akad. Handl. 153.

ZARNOCH, S. ( ). A parameter recovery model for thinned and unthinned slash pine plantations on cutover sites in the West Gulf region. Submetido a publicação na Forest Science em 1985.

ZARNOCH, S., DELL, T. R. (1985). An evaluation of percentile and maximum likelihood estimators of Weibull parameters. *Forest Science* **31(1)**: 260–268.

——— *(1978). Mémento du forestier. II-ème Edition.* République Française, Ministère pour la Cooperation et le Dévelopement.

Anexo I

Caracterização do material utilizado

I.1 DISTRIBUIÇÃO DAS PARCELAS

Quadro I.1.1 - *Distribuição das parcelas por classes de qualidade.*

Idade	Classes de qualidade (m)									Total
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
10	2	2	2	3	4	5	4	2	2	26
20	2	2	7	5	5	7	5	6	2	41
30	3	3	4	5	4	4	5	7	2	37
40	3	3	3	5	5	5	7	5	3	39
50	2	4	5	4	7	5	4	7	1	39
60	-	-	5	10	4	3	5	9	2	38
70	-	-	2	3	3	3	3	3	1	18
80	-	-	-	1	-	1	-	1	-	3
Total	12	14	28	36	32	33	33	40	13	241

Quadro I.1.2 - *Distribuição das parcelas por classes de densidade.*

Idade	Classes de densidade (TS/Ha)						Total
	>1250	1001-1250	751-1000	501-750	251-500	<251	
10	6	11	6	3	-	-	26
20	5	5	8	15	8	-	41
30	-	-	2	7	28	-	37
40	-	-	-	1	32	6	39
50	-	-	-	-	15	24	39
60	-	-	-	-	6	32	38
70	-	-	-	-	4	14	18
80	-	-	-	-	-	3	3
Total	11	16	16	26	93	79	241

Quadro I.1.3 - *Distribuição das parcelas por classes de área basal.*

Idade	Classes de Area basal (m2)						Total
	<7.5	7.5- -12.4	12.5- -17.4	17.5- -22.4	22.5- -27.5	>27.5	
10	10	9	6	1	-	-	26
20	3	19	17	2	-	-	41
30	3	11	20	2	1	-	37
40	-	8	22	9	-	-	39
50	-	-	21	15	3	-	39
60	-	-	16	19	3	-	38
70	-	-	3	11	3	1	18
80	-	-	1	2	-	-	3
Total	16	47	106	61	10	1	241

I.2 DADOS SUPLEMENTARES.

Quadro I.2.1 - *Exemplar de ficha com distribuição por classes de diâmetro (cm) e respectivas alturas (m).*

Ano	TS	Classes de DAP (cms)								
	HT	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1970	TS	5	34	145	130	49	8	2		
	HT	8.9	13.3	16.3	18.3	19.8	21.0	21.9		
1973	TS	3	7	81	165	83	29	4	1	
	HT	9.2	13.4	16.4	18.4	20.0	21.2	22.1	22.8	
1978	TS		1	34	118	142	55	19	3	1
	HT		13.5	16.5	18.6	20.1	21.3	22.2	23.0	23.9
1978 desb.	TS			5	67	117	50	19	3	1
	HT			16.7	18.8	20.4	21.6	22.2	23.0	23.9

Quadro I.2.2 - *Ensaio de espaçamento na Mata Nacional do Valado.*

Idades	Observacoes em densidades iniciais						Total
	1250	1429	1667	2000	2500	3333	
2	3	3	3	3	3	3	18
4	3	3	3	3	3	3	18
6	3	3	3	3	3	3	18
8	3	3	3	3	3	3	18
Total	12	12	12	12	12	12	72

Quadro I.2.3 - *Parcelas não desbastadas inventariadas para o trabalho "Áreas óptimas de amostragem" e para outros trabalhos ainda não concluídos.*

Idades	Observacoes em densidades iniciais aproximadamente iguais a 2500						Total
	1000--1250	1251--1500	1501--1750	1751--2000	2001--2250	2251--2500	
8	-	-	1	2	2	2	7
10	-	1	1	2	2	1	7
12	1	1	1	1	1	-	5
14	1	1	2	1	-	-	5
16	1	2	1	-	-	-	4
Total	3	5	6	6	5	3	28

Quadro I.2.4 - *Ficha de campo para cubagem rigorosa (arvores com casca).*

Arv. numero ____ Talhao ____ c/s casca				
Alt. (m)	Comp. (m)	Diam. (cm)	A.seccional (cm2)	Volume (cm3)
	0.30			0.0302
0.30		35.2	0.1007	
	1.30			0.0836
1.30		29.1	0.0665	
	2.00			0.1133
3.30		24.4	0.0468	
	2.00			0.0873
5.30		22.7	0.0405	
	2.00			0.0745
7.30		20.8	0.0340	
	2.00			0.0638
9.30		19.6	0.0302	
	2.00			0.0529
11.30		17.0	0.0227	
	2.00			0.0408
13.30		15.2	0.0181	
	2.00			0.0308
15.30		13.7	0.0127	
	2.00			0.0198
17.30		9.5	0.0071	
	2.00			0.0082
19.30		4.6	0.0017	
	1.30			0.0007
20.60		0.0	0.0000	

Volume em madeira (0.20 cm)	.....	0.428
Volume em rolaria (0.07 cm)	.....	0.176
Volume em lenha (0.00 cm)	.....	0.077
	Total	0.681

Quadro I.2.5 - *Extracto do ficheiro criado para elaboração da equação de perfil do tronco (EPT) com casca.*

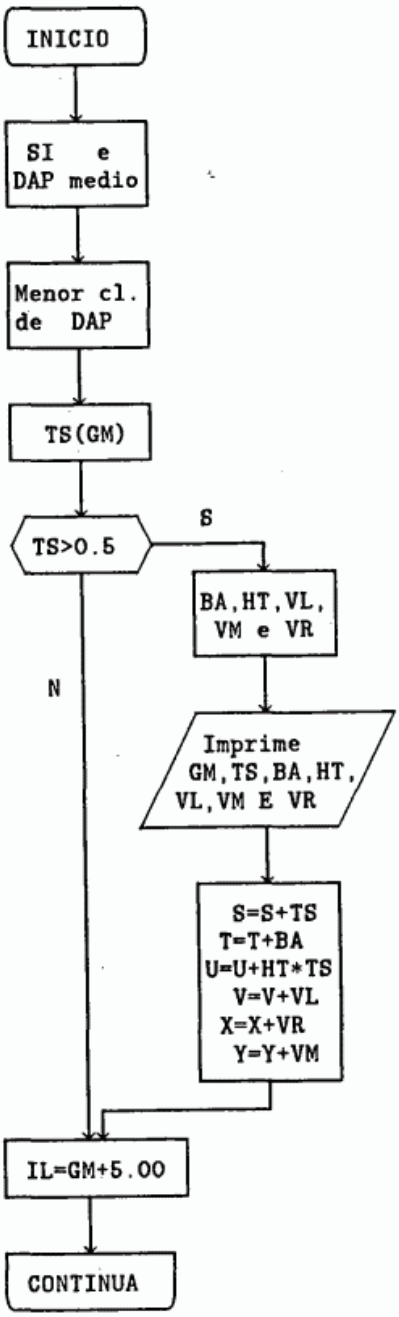
```
C          DIAMETROS A ALTURAS PADRAO SOBRE CASCA
C
C                P. BRAVO : MATA DE LEIRIA
C
C            ┌──────────DIAMETROS A ALTURA DE──────────────────
C            │
C           0.3     3.3     7.3    11.3    15.3    19.3
C N    HT    │
C              1.3     5.3     9.3    13.3    17.3     ...
C            └──────────────────────────────────────────────────
1846 193 370 340 277 245 220 193 167 142 120  77  00
1847 186 320 280 242 208 194 172 156 134 101  44  00
1848 179 262 226 172 153 136 120 108  90  62  27  00
1849 174 231 185 145 128 118 107  91  77  51  10  00
1850 189 322 262 222 201 191 168 152 139 117  77  00

2001 206 352 291 244 227 208 196 170 152 137  95  46  00

2002 195 252 210 176 166 156 142 122  99  76  54  10  00
2003 196 267 230 183 164 148 144 128 114  95  52  12  00
2004 198 278 247 212 189 172 150 140 124 100  73  14  00
2005 207 267 252 203 178 161 143 131 118 101  72  41  00
```

Anexo II

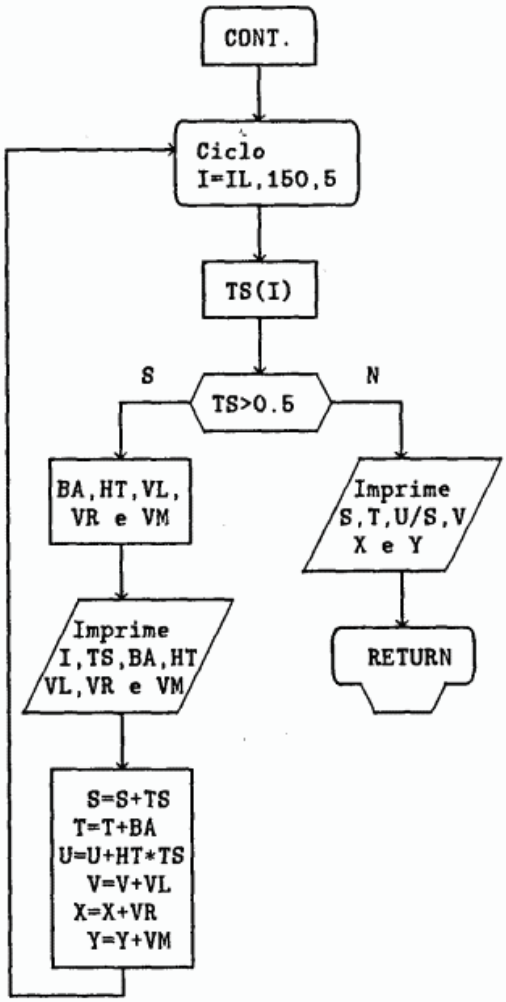
Fluxogramas e modelo global

II.1 - PRINCIPAIS SUBROTINAS

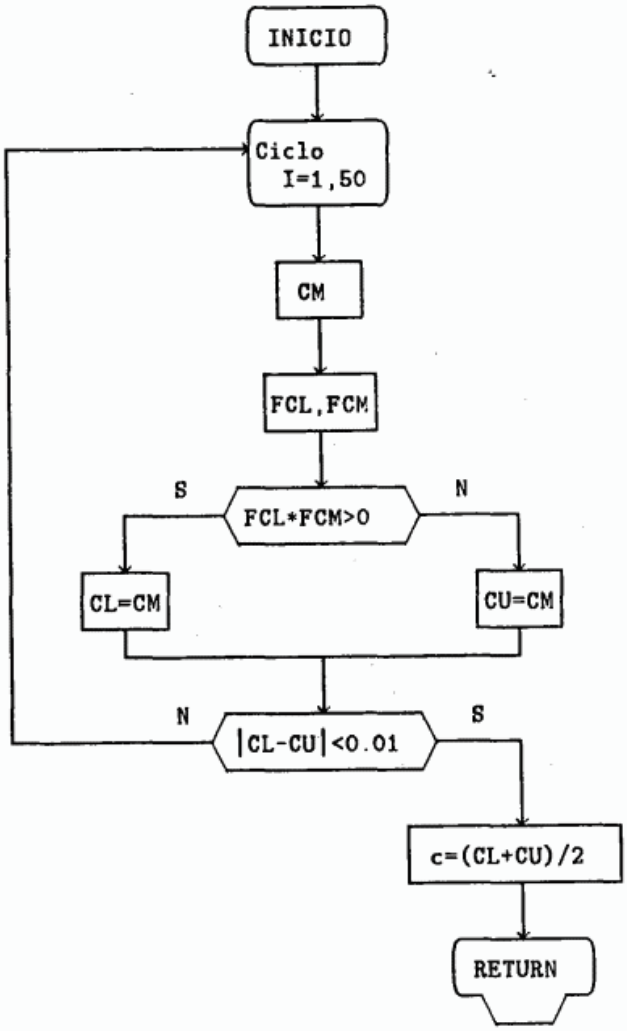
1 - *Subrotina STABLE.*



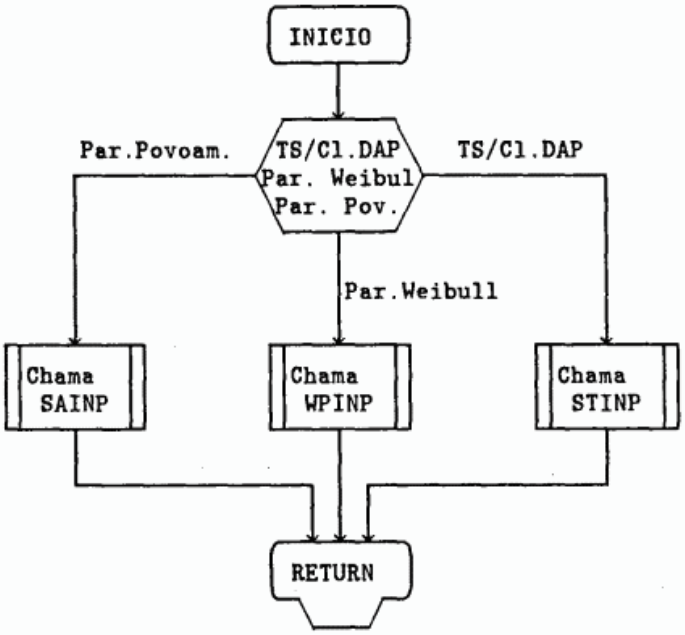
1 - *Subrotina STABLE (Cont.)*



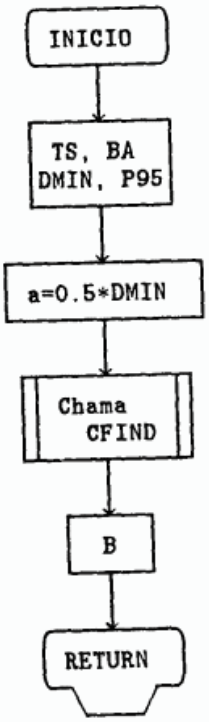
2 - *Subrotina CFIND.*



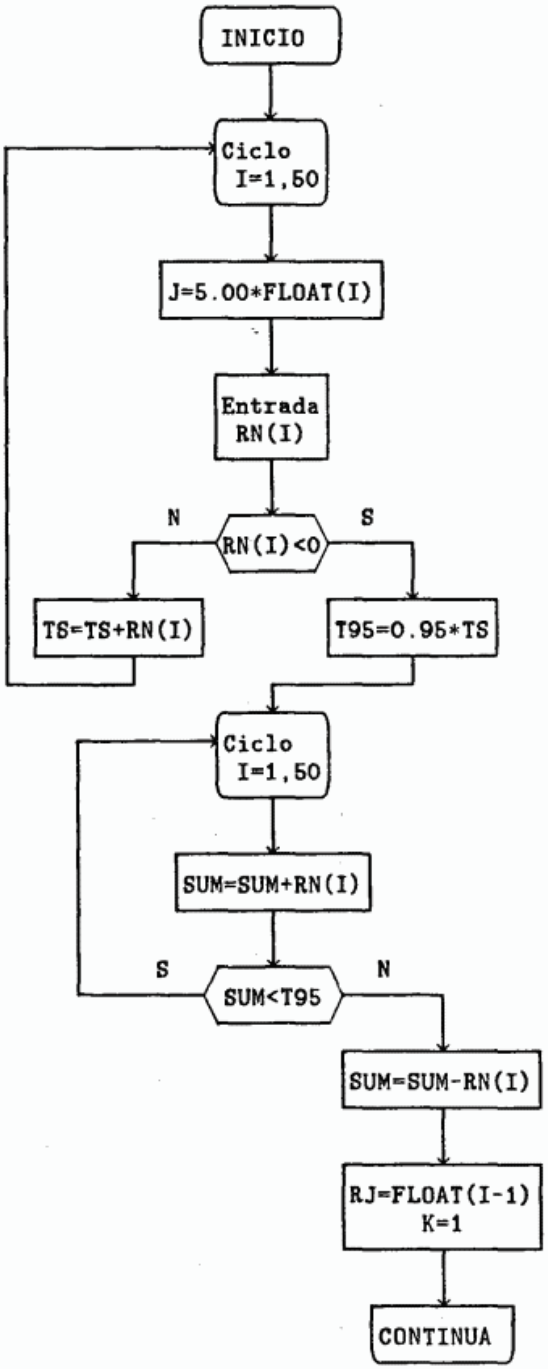
3 - *Subrotina ITINP.*



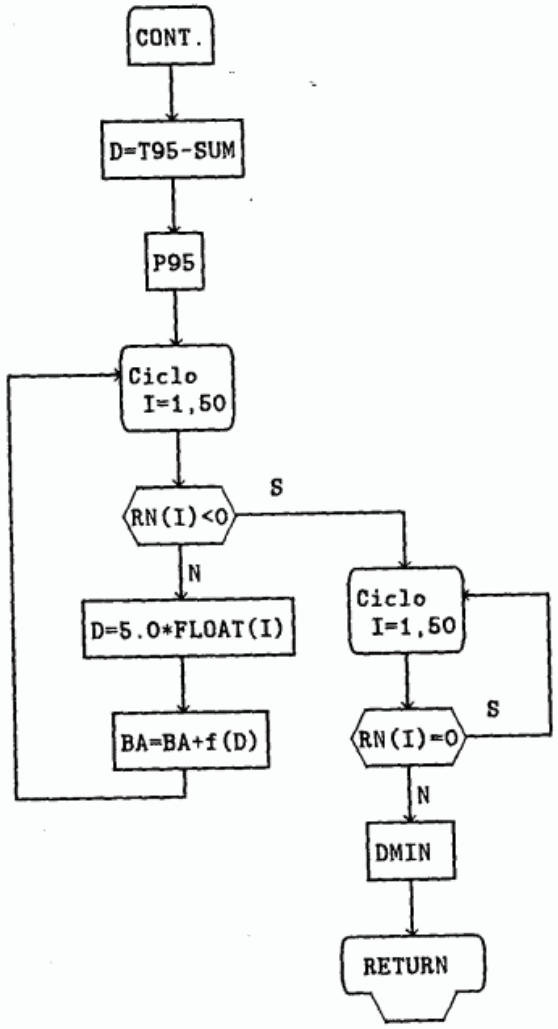
4 - *Subrotina USTAND.*



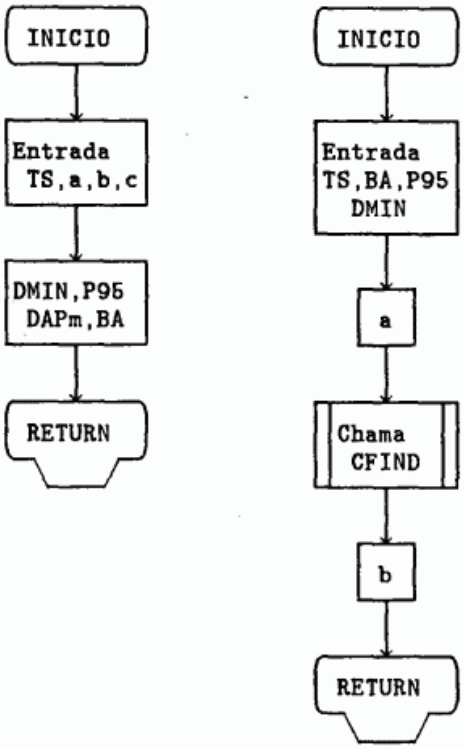
5 - *Subrotina STINP.*



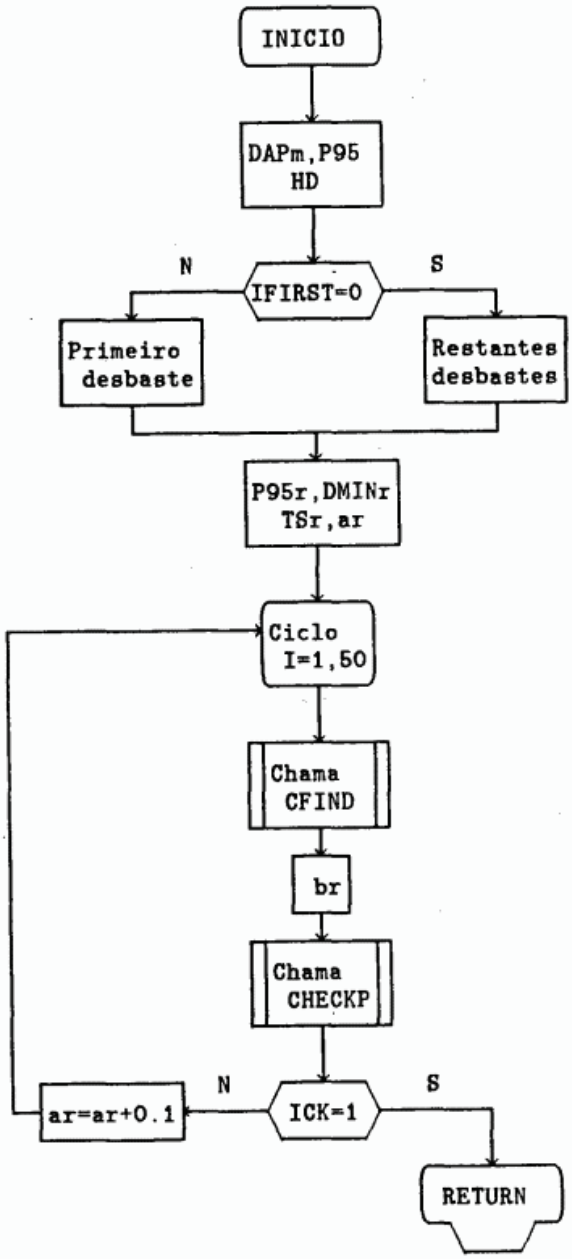
5 - *Subrotina STINP (Cont.)*



6 - *Subrotinas WPINP e SAINP.*



7 - Subrotina SELECT.



II.2 - MODELO GLOBAL DE SIMULAÇÃO

MODELO GLOBAL DE SIMULAÇÃO

```
C***********************************************************************
C***********************************************************************
C                                                                      *
C                                                                      *
C   PPPPPPPP     BBBBBBBB   RRRRRRRR   AAAAAAA   VV      VV  OOOOOOOO  *
C   PPPPPPPPP    BBBBBBBBB  RRRRRRRRR  AA   AA   VV      VV OOOOOOOOOO *
C   PP     PP    BB     BB  RR     RR  AA    AA   VV    VV  OO      OO *
C   PP     PP    BB     BB  RR     RR  AA    AA   VV    VV  OO      OO *
C   PPPPPPPPP    BBBBBBBB   RRRRRRRRR  AAAAAAAAA  VV    VV  OO      OO *
C   PPPPPPPP     BBBBBBBB   RRRRRRRR   AAAAAAAAA  VV    VV  OO      OO *
C   PP           BB     BB  RR  RR     AA     AA  VV    VV  OO      OO *
C   PP           BB     BB  RR   RR    AA     AA  VV    VV  OO      OO *
C   PP     OO    BBBBBBBBB  RR    RR   AA     AA  VVVVVVVV  OOOOOOOOOO *
C   PP     OO    BBBBBBBB   RR     RR  AA     AA   VVVVVV    OOOOOOOO  *
C                                                                      *
C                                                                      *
C                                                                      *
C     MODELO MATEMÁTICO PARA A SIMULAÇÃO DA ESTRUTURA, CRESCIMENTO     *
C            E PRODUÇÃO DOS POVOAMENTOS DE PINHEIRO BRAVO              *
C                        ** MATA DE LEIRIA **                          *
C                                                                      *
C                                                                      *
C      Elaborado e desenvolvido por FERNANDO PÁSCOA na Southern        *
C      Forest Experiment Station (Statistics Unit) e no Centro         *
C      de Informática do Instituto Superior de Agronomia (1984/1986)   *
C                                                                      *
C***********************************************************************
C                                                                      *
C  INICIALIZA AS VARIAVEIS                                             *
C                                                                      *
      INTEGER Q,SIM,NAO
      SIM=1
      NAO=0
      IFIRST=1
      ICASCA=1
C                                                                      *
C  LE NOS PARAMETROS DO POVOAMENTO                                     *
C                                                                      *
      WRITE(5,100)
      WRITE(2,100)
  100 FORMAT('1','MODELO DE CRESCIMENTO E PRODUCAO PARA O PINHEIRO
```

```
    1 BRAVO - MATA DE LEIRIA',/////)
      WRITE(5,101)
      WRITE(2,101)
  101 FORMAT('0','PARAMETROS INICIAIS DO POVOAMENTO')
      WRITE(5,102)
      WRITE(2,102)
  102 FORMAT(' ',10('-'),1X,8('-'),1X,2('-'),1X,10('-'))
C
C  FAZ A OPÇÃO POR VOLUMES COM OU SEM CASCA
C
      WRITE(5,780)
  780 FORMAT(/,'0','VOLUMES COM CASCA ?')
      ACCEPT*,IRIT
      IF(IRIT.EQ.1)GOTO 699
      ICASCA=0
C
C
  699 WRITE(5,103)
  103 FORMAT('0','INTRODUZA A IDADE DO POVOAMENTO')
      ACCEPT*,SA
      S=-9.0
      HTDC=-9.0
      TS=-9.0
      BA=-9.0
      TP=-9.0
      WRITE(5,104)
  104 FORMAT('0','INTRODUZA CLASSE DE QUALIDADE OU ALTURA DOMINANTE')
      WRITE(5,105)
  105 FORMAT(' ',5X,'CLASSE DE QUALIDADE ?')
      ACCEPT*,S
      IF(S.GT.0.0)GOTO 144
      WRITE(5,106)
  106 FORMAT(' ',5X,'ALTURA DOMINANTE ?')
      ACCEPT*,HTDC
  144 WRITE(5,180)
  180 FORMAT('0','O POVOAMENTO INICIAL E' NAO DESBASTADO ?')
      ACCEPT*,ISTC
      IF(ISTC.EQ.1)GOTO 700
      IFIRST=0
      GOTO 189
C
C  ESCREVE OS DADOS DOS POVOAMENTOS NÃO DESBASTADOS
C
  700 WRITE(2,750)
  750 FORMAT(/,'0','POVOAMENTO NÃO DESBASTADO')
      IF(S.GT.0.0)GOTO 701
      S=SF(SA,HTDC)
      GOTO 697
  701 HTDC=HTDCF(SA,S)
  697 IS=S+0.5
      WRITE(2,751)IS,HTDC
  751 FORMAT('0','SI = ',I3,5X,'HD = ',F4.1)
C
C
  148 WRITE(5,108)
```

```
  108 FORMAT('0','INTRODUZA ARVORES VIVAS OU AREA BASAL OU ARVORES
     1 PLANTADAS POR HECTARE')
      WRITE(5,109)
  109 FORMAT(' ',5X,'ARVORES VIVAS ?')
      ACCEPT*,TS
      IF(TS.GT.0.0)GOTO 112
      WRITE(5,110)
  110 FORMAT(' ',5X,'AREA BASAL ?')
      ACCEPT*,BA
      IF(BA.GT.0.0)GOTO 112
      WRITE(5,111)
  111 FORMAT(' ',5X,'ARVORES PLANTADAS ?')
      ACCEPT*,TP
C
C  IMPRIME A VARIÁVEL ESCOLHIDA E O SEU VALOR
C
      IF(TS.GT.0.0)GOTO 710
      IF(BA.GT.0.0)GOTO 711
      ITP=TP+0.5
      WRITE(2,760)ITP
  760 FORMAT('0','TP = ',I4)
      GOTO 112
  710 ITS=TS+0.5
      WRITE(2,761)ITS
  761 FORMAT('0','TS = ',I4)
      GOTO 112
  711 WRITE(2,762)BA
  762 FORMAT('0','BA = ',F4.1)
C                                                                       *
C  CALCULA AS CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO NAO DESBASTADO              *
C                                                                       *
  112 WRITE(5,113)
      WRITE(2,113)
  113 FORMAT(/////,'0','CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO NAO DESBASTADO')
      CALL USTAND(SA,S,HTDC,TS,BA,TP,DMIN,A,B,C)
      CALL STABLE(SA,HTDC,TS,BA,A,B,C,ICASCA)
      GOTO 184
C                                                                       *
C  IMPRIME OS DADOS INICIAIS DO POVOAMENTO PRÈVIAMENTE DESBASTADO       *
C                                                                       *
  189 WRITE(2,770)
  770 FORMAT(/,'0','POVOAMENTO PRÈVIAMENTE DESBASTADO')
      IF(S.GT.0.0)GOTO 720
      S=SF(SA,HTDC)
      GOTO 721
  720 HTDC=HTDCF(SA,S)
  721 IS=S+0.5
      WRITE(2,751)IS,HTDC
C
C  CALCULA AS CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO DESBASTADO                  *
C
      CALL ITINP(TS,BA,P95,DMIN,A,B,C)
      IF(S.GT.0.0)GOTO 182
      S=SF(SA,HTDC)
      GOTO 183
```

```
  182 HTDC=HTDCF(SA,S)
  183 WRITE(5,181)
      WRITE(2,181)
  181 FORMAT(/////,'0','CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO DESBASTADO')
      CALL STABLE(SA,HTDC,TS,BA,A,B,C,ICASCA)
C                                                                       *
C  FIM OPCIONAL DO PROGRAMA                                             *
C                                                                       *
  184 WRITE(5,114)
  114 FORMAT(/////,'0','QUER TERMINAR ?')
      ACCEPT*,Q
      IF(Q.EQ.SIM)GOTO 800
      SA1=SA
      TS1=TS
      DMIN1=DMIN
      BA1=BA
      HTDC1=HTDC
      A1=A
      B1=B
      C1=C
  120 WRITE(5,115)
  115 FORMAT('0','QUER PROJECTAR COM DESBASTE ?')
      ACCEPT*,Q
      IF(Q.EQ.SIM)GOTO 320
      GOTO 316
C                                                                       *
C  EXECUTA O DESBASTE NO POVOAMENTO                                     *
C                                                                       *
  320 WRITE(5,237)
  237 FORMAT('0','INTRODUZA DESBASTE MECANICO (1) OU DESBASTE SELEC
     1TIVO (2)')
      ACCEPT*,ITHIN
      IF(ITHIN.EQ.2)GOTO 615
      WRITE(5,280)
  280 FORMAT('0','UMA EM CADA DUAS LINHAS ?')
      ACCEPT*,Q
      IF(Q.EQ.NAO)GOTO 281
      ROWP=0.5
      GOTO 290
  281 WRITE(5,282)
  282 FORMAT('0','UMA EM CADA TRES LINHAS ?')
      ACCEPT*,Q
      IF(Q.EQ.NAO)GOTO 283
      ROWP=1.0/3.0
      GOTO 290
  283 WRITE(5,284)
  284 FORMAT('0','UMA EM CADA QUATRO LINHAS ?')
      ACCEPT*,Q
      IF(Q.EQ.NAO)GOTO 285
      ROWP=0.25
      GOTO 290
  285 WRITE(5,286)
  286 FORMAT('0','UMA EM CADA CINCO LINHAS ?')
      ACCEPT*,Q
      IF(Q.EQ.NAO)GOTO 287
```

```
      ROWP=0.20
      GOTO 290
  287 WRITE(5,288)
  288 FORMAT('0','UMA EM CADA SEIS LINHAS ?')
      ACCEPT*,Q
      IF(Q.EQ.NAO)GOTO 289
      ROWP=1.0/6.0
      GOTO 290
  289 WRITE(5,291)
  291 FORMAT('0','SERA MELHOR REDEFINIR O SEU ESQUEMA DE DESBASTES')
      GOTO 120
  615 WRITE(5,117)
  117 FORMAT('0','INTRODUZA A AREA BASAL RESIDUAL')
      ACCEPT*,BAR
  290 IF(ITHIN.EQ.1)CALL ROW(A1,B1,C1,TS1,BA1,ROWP,BAR,AR,BR,
     1CR,TSR)
      IF(ITHIN.EQ.2)CALL SELECT(SA1,S,A1,B1,C1,TS1,BA1,DMIN1,IFIRST,
     1BAR,AR,BR,CR,TSR)
      WRITE(5,130)
      WRITE(2,130)
  130 FORMAT(/////,'0','CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE')
      CALL STABLE(SA1,HTDC1,TSR,BAR,AR,BR,CR,ICASCA)
      TS1=TSR
      BA1=BAR
      A1=AR
      B1=BR
      C1=CR
C                                                                       *
C  FAZ A PROJECCAO DO POVOAMENTO NO TEMPO                               *
C                                                                       *
  316 NSA=SA1+0.5
      WRITE(5,351)NSA
  351 FORMAT(//'0','A IDADE ACTUAL DO POVOAMENTO É ',I3,' ANOS')
      WRITE(5,118)
  118 FORMAT('0','INTRODUZA A IDADE DE PROJECCAO DO POVOAMENTO')
      ACCEPT*,SA2
      CALL PSTAND(SA1,BA1,TS1,S,A1,B1,C1,SA2,BA2,TS2,DMIN2,A2,B2,C2)
      WRITE(5,187)
      WRITE(2,187)
  187 FORMAT(/////,'0','CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO')
      HTDC2=HTDCF(SA2,S)
      CALL STABLE(SA2,HTDC2,TS2,BA2,A2,B2,C2,ICASCA)
      WRITE(5,350)
  350 FORMAT(/////,'0','QUER TERMINAR?')
      ACCEPT*,Q
      IF(Q.EQ.SIM)GOTO 800
      SA1=SA2
      BA1=BA2
      TS1=TS2
      DMIN1=DMIN2
      HTDC1=HTDC2
      A1=A2
      B1=B2
      C1=C2
      GOTO 120
```

```
  800 STOP
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
      FUNCTION DQF(A,B,C)
C                                                                       *
C*********            IDENTIFICACAO DO PROGRAMA                **********
C                                                                       *
C  CALCULA O DIAMETRO MEDIO (CENTIMETROS) PARA UMA DADA DISTRIBUICAO    *
C  DE WEIBUL                                                            *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                VARIAVEIS SIMPLES                    **********
C                                                                       *
C  A       O PARAMETRO DE LOCALIZACAO DE WEIBUL A.                      *
C                                                                       *
C  B       O PARAMETRO DE ESCALA DE WEIBUL B.                           *
C                                                                       *
C  C       O PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL C.                            *
C                                                                       *
C  DQF     O DIAMETRO MEDIO (CENT.) PARA UMA DADA DISTRIBUICAO DE       *
C          WEIBUL.                                                      *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                BLOCO DE CALCULO                   BLOCO 0100*
C                                                                       *
      G1=GAMMA(1.0+1.0/C)
      G2=GAMMA(1.0+2.0/C)
      EX2=A**2+2.0*A*B*G1+B**2*G2
      DQF=SQRT(EX2)
      RETURN
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
      FUNCTION VF(DAP,HT)
C                                                                       *
C*********            IDENTIFICACAO DO PROGRAMA                **********
C                                                                       *
C  CALCULA O VOLUME TOTAL DA ARVORE INDIVIDUAL SOBRE CASCA (DCMS 3)     *
C  DO NIVEL DO CHAO AO TOPO                                             *
C                                                                       *
C*********                VARIAVEIS SIMPLES                    **********
C                                                                       *
C  DAP     DIAMETRO A ALTURA DO PEITO (CENTIMETROS).                    *
C                                                                       *
C  HT      ALTURA TOTAL DA ARVORE (METROS)                              *
C                                                                       *
```

```
C  VF      VOLUME TOTAL DA ARVORE INDIVIDUAL SOBRE CASCA (DCMS 3)        *
C          DO NIVEL DO CHAO AO TOPO.                                     *
C                                                                        *
C*********                VARIAVEIS DA MATRIZ                  **********
C                                                                        *
C  B       UM  VECTOR, (3), QUE CONTEM OS COEFICIENTES PARA              *
C          A EQUACAO DE VOLUME                                           *
C                                                                        *
C************************************************************************
C                                                                        *
C*********              BLOCO DE INICIALIZACAO                BLOCO 0100*
C                                                                        *
      DIMENSION B(3)
      DATA B/0.1931,0.0388,-0.0666/
C                                                                        *
C************************************************************************
C                                                                        *
C*********                BLOCO DE CALCULO                    BLOCO 0200*
C                                                                        *
      VF=(B(1)+B(2)*HT+B(3)*HT**(0.5))*DAP**2
      RETURN
      END
C                                                                        *
C                                                                        *
C                                                                        *
C                                                                        *
C                                                                        *
      FUNCTION HTF(SA,HTDC,BA,TS,DAP)
C                                                                        *
C*********             IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                        *
C  CALCULA A ALTURA TOTAL DA ARVORE (METROS).                            *
C                                                                        *
C************************************************************************
C                                                                        *
C*********                VARIAVEIS SIMPLES                   **********
C                                                                        *
C  BA      AREA BASAL DO POVOAMENTO (MTS 2) POR HECTARE                  *
C                                                                        *
C  DAP     DIAMETRO A ALTURA DO PEITO (CENTIMETROS) DA ARVORE            *
C                                                                        *
C  HTDC    ALTURA DOMINANTE DO POVOAMENTO (METROS)                       *
C                                                                        *
C  HTF     ALTURA TOTAL DA ARVORE (METROS)                               *
C                                                                        *
C  SA      IDADE DO POVOAMENTO (ANOS)                                    *
C                                                                        *
C  TS      NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECTARE                           *
C                                                                        *
C*********              VARIAVEIS DA MATRIZ                  **********
C                                                                        *
C  B       UM VECTOR,(6), QUE CONTEM OS COEFICIENTES PARA A              *
C          EQUACAO DA ALTURA                                             *
C                                                                        *
C************************************************************************
```

```
C                                                                       *
C*********                BLOCO DE INICIALIZACAO              BLOCO 0100*
C                                                                       *
      DIMENSION B(6)
      DATA B/1.891036,0.890695,-0.146749,0.07548,2.000723,-11.961840/
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                  BLOCO DE CALCULO                  **********
C                                                                       *
      HTF=B(1)*HTDC**B(2)*BA**B(3)*TS**B(4)*EXP(B(5)/SA+B(6)/DAP)
      RETURN
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
      FUNCTION SF(SA,HTDC)
C                                                                       *
C*********             IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                       *
C  CALCULA A CLASSE DE QUALIDADE (IDADE BASE 50) DO POVOAMENTO          *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                 VARIAVEIS SIMPLES                  **********
C                                                                       *
C  HTDC   A ALTURA DOMINANTE DO POVOAMENTO (METROS)                     *
C                                                                       *
C  SA     A IDADE DO POVOAMENTO (ANOS)                                  *
C                                                                       *
C  SF     CLASSE DE QUALIDADE (IDADE BASE 50) DO POVOAMENTO             *
C                                                                       *
C*********                VARIAVEIS DA MATRIZ                 **********
C                                                                       *
C  B      UM VECTOR, (2), QUE CONTEM OS COEFICIENTES PARA A             *
C         EQUACAO DE CLASSE DE QUALIDADE                                *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********              BLOCO DE INICIALIZACAO                BLOCO 0100*
C                                                                       *
      DIMENSION B(2)
      DATA B/-0.380999,2.694076/
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                BLOCO DE CALCULO                    BLOCO 0200*
C                                                                       *
      SF=HTDC*(10.0**(B(1)+B(2)/SQRT(SA)))
      RETURN
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
```

```
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
      FUNCTION HTDCF(SA,S)
C                                                                       *
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                       *
C  CALCULA A ALTURA DOMINANTE DO POVOAMENTO (METROS)                    *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                 VARIAVEIS SIMPLES                   **********
C                                                                       *
C  HTDCF  ALTURA DOMINANTE DO POVOAMENTO (METROS)                       *
C                                                                       *
C  S      CLASSE DE QUALIDADE (IDADE BASE 50) DO POVOAMENTO             *
C                                                                       *
C  SA     IDADE DO POVOAMENTO (ANOS)                                    *
C                                                                       *
C*********                 VARIAVEIS DA MATRIZ                 **********
C                                                                       *
C  B       UM VECTOR, (2), QUE CONTEM OS COEFICIENTES PARA A FUNCAO     *
C          QUE ESTIMA A ALTURA DOMINANTE                                *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********               BLOCO DE INICIALIZACAO              BLOCO 0100*
C                                                                       *
      DIMENSION B(2)
      DATA B/0.380999,-2.694076/
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                 BLOCO DE CALCULO                  BLOCO 0200*
C                                                                       *
      HTDCF=S*(10.0**(B(1)+B(2)/SQRT(SA)))
      RETURN
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
      SUBROUTINE USTAND(SA,S,HTDC,TS,BA,TP,DMIN,A,B,C)
C                                                                       *
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                       *
C  CALCULA AS VARIAVEIS DOS POVOAMENTOS NAO DESBASTADOS                 *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                 VARIAVEIS SIMPLES                   **********
C                                                                       *
C  A      PARAMETRO DE LOCALIZACAO DE WEIBUL A.                         *
C                                                                       *
```

```
C  B      PARAMETRO DE ESCALA DE WEIBUL B.                                *
C                                                                         *
C  BA     AREA BASAL POR HECTARE (MTS 2)                                  *
C                                                                         *
C  C      PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL C.                                 *
C                                                                         *
C  DMIN   DAP MINIMO (CENTIMETROS) NUMA DADA PARCELA                      *
C                                                                         *
C  HTDC   A ALTURA DOMINANTE DO POVOAMENTO (METROS)                       *
C                                                                         *
C  S      CLASSE DE QUALIDADE (IDADE BASE 50) DO POVOAMENTO               *
C                                                                         *
C  SA     IDADE DO POVOAMENTO (ANOS)                                      *
C                                                                         *
C  TP     NUMERO DE ARVORES PLANTADAS POR HECTARE                         *
C                                                                         *
C  TS     NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECTARE                             *
C                                                                         *
C*************************************************************************
C                                                                         *
C*********                BLOCO DE CALCULO                   BLOCO 0100*
C                                                                         *
C                                                                         *
C  CALCULA AS VARIAVEIS DA ESTACAO E DO POVOAMENTO A PARTIR DOS           *
C  DADOS FORNECIDOS                                                       *
C                                                                         *
      IF(S.LE.0.0)S=SF(SA,HTDC)
      IF(HTDC.LE.0.0)HTDC=HTDCF(SA,S)
      IF(TS.GT.0.0.OR.BA.GT.0.0)GOTO 104
      TS=TP**(1.0-0.00400488*SA)
      BA=0.0009837*(HTDC**2.103402)*(TS**0.797707)*EXP(-8.702327/SA)
      GOTO 101
  104 IF(BA.GT.0.0)GOTO 105
      BA=0.0009837*(HTDC**2.103402)*(TS**0.797707)*EXP(-8.702327/SA)
      TP=TS**(1.0/(1.0-0.00400488*SA))
      GOTO 101
  105 TS=1324.485*(HTDC**(-0.382656))*(BA**0.231516)*EXP(5.407995/SA)
      TP=TS**(1.0/(1.0-0.00400488*SA))
  101 DMIN=12.302998*(HTDC**1.617991)*(TS**(-0.687786))
      P95=2.754927*(HTDC**1.445365)*(TS**(-0.161445))
C                                                                         *
C  CALCULA OS PARAMETROS DE WEIBUL POR UM PROCESSO ITERATIVO              *
C                                                                         *
      A=0.5*DMIN
      CALL CFIND(BA,TS,A,P95,C)
      RC=1.0/C
      B=(P95-A)/(2.99573**RC)
      RETURN
      END
C                                                                         *
C                                                                         *
C                                                                         *
C                                                                         *
C                                                                         *
      SUBROUTINE CFIND(BA,TS,A,P95,C)
```

```
C                                                                       *
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                       *
C  ESTIMA O VALOR DO PARAMETRO C DE WEIBUL PELO METODO DA BISSECCAO     *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                VARIAVEIS SIMPLES                    **********
C                                                                       *
C  A      PARAMETRO DE LOCALIZACAO DE WEIBUL A.                         *
C                                                                       *
C  BA     AREA BASAL POR HECTARE (MTS 2)                                *
C                                                                       *
C  C      PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL C.                               *
C                                                                       *
C  CL     LIMITE INFERIOR PARA A ESTIMATIVA DE C. FAZER INICIALMENTE    *
C         IGUAL A 0.75 MAS PODERA TER QUE SER MODIFICADA PELO UTILI-    *
C         ZADOR. NOTAR QUE ESTE VALOR PODERA SER MODIFICADO DURANTE     *
C         A EXECUCAO DA SUBROTINA.                                      *
C                                                                       *
C  CU     LIMITE SUPERIOR PARA A ESTIMATIVA DE C. FAZER INICIALMENTE    *
C         IGUAL A 30 MAS PODERA TER QUE SER MODIFICADA PELO UTILIZA-    *
C         DOR. NOTAR QUE ESTE VALOR PODERA SER MODIFICADO DURANTE A     *
C         EXECUCAO DA SUBROTINA.                                        *
C                                                                       *
C  EPS    ERRO ADMITIDO NA ESTIMACAO DE C, DEFINIDO COMO O INTERVALO    *
C         NO QUAL SE SUPOE C ESTAR LIMITADO. FAZER IGUAL A 0.01 PO-     *
C         DENDO NO ENTANTO TER QUE SER MUDADO PELO UTILIZADOR.          *
C                                                                       *
C  NIT    NUMERO MAXIMO DE ITERACOES ADMITIDO PELO METODO DA BISSECCAO.*
C         FAZER IGUAL A 50, PODENDO SER MODIFICADO PELO UTILIZADOR      *
C                                                                       *
C  P95    O 95º PERCENTIL DA DISTRIBUICAO DE WEIBUL                     *
C                                                                       *
C  TS     NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECTARE                           *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                BLOCO DE INICIALIZACAO              BLOCO 0100*
C                                                                       *
      CL=0.75
      CU=30.0
      NIT=50
      EPS=0.01
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                  BLOCO DE CALCULO                  BLOCO 0200*
C                                                                       *
      X1=2.0*A*(P95-A)
      X2=(P95-A)**2
      X3=(A**2)-BA/((0.78539*TS)/10000)
      DO 100 I=1,NIT
      CM=(CL+CU)/2.0
      FCL=FCC(X1,X2,X3,CL)
```

```
      FCM=FCC(X1,X2,X3,CM)
      PROD=FCL*FCM
      IF(PROD.GT.0.0)GOTO 101
      CU=CM
      GOTO 102
  101 CL=CM
  102 D=ABS(CL-CU)
      IF(D.LT.EPS)GOTO 103
  100 CONTINUE
  103 C=(CL+CU)/2.0
      RETURN
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
      FUNCTION FCC(X1,X2,X3,C)
C                                                                       *
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                       *
C  PROCESSO DE CALCULO DOS PARAMETROS DA FUNCAO DE WEIBUL A PARTIR      *
C  DE UM DADO C                                                         *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                VARIAVEIS SIMPLES                    **********
C                                                                       *
C  X1     PRIMEIRO COEFICIENTE DA EQUACAO DE CALCULO DOS PARAMETROS     *
C                                                                       *
C  X2     SEGUNDO COEFICIENTE DA EQUACAO DE CALCULO DOS PARAMETROS      *
C                                                                       *
C  X3     TERCEIRO COEFICIENTE DA EQUACAO DE CALCULO DOS PARAMETROS     *
C                                                                       *
C  C      PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL ESTIMADO A PARTIR DO PROCESSO    *
C         DE CALCULO ATRAS DESIGNADO (BISSECCAO)                        *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                 BLOCO DE CALCULO                 BLOCO 0100*
C                                                                       *
      RC=1.0/C
      R2C=2.0/C
      G1=GAMMA(1.0+RC)
      G2=GAMMA(1.0+R2C)
      FCC=X1*G1/(2.99573**RC)+X2*G2/(2.99573**R2C)+X3
      RETURN
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
      SUBROUTINE ROW(A,B,C,TS,BA,ROWP,BAR,AR,BR,CR,TSR)
C                                                                       *
```

```
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                       *
C  EXECUTA O DESBASTE MECANICO                                          *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                  VARIAVEIS SIMPLES                  **********
C                                                                       *
C  A      PARAMETRO DE LOCALIZACAO A DO POVOAMENTO ANTES DO DESBASTE    *
C                                                                       *
C  AR     PARAMETRO DE LOCALIZACAO A DO POVOAMENTO RESIDUAL             *
C                                                                       *
C  B      PARAMETRO DE ESCALA B DO POVOAMENTO ANTES DO DESBASTE         *
C                                                                       *
C  BA     AREA BASAL (M2) DO POVOAMENTO ANTES DO DESBASTE               *
C                                                                       *
C  BAR    AREA BASAL (M2) DO POVOAMENTO RESIDUAL                        *
C                                                                       *
C  BR     PARAMETRO DE ESCALA B DO POVOAMENTO RESIDUAL                  *
C                                                                       *
C  C      PARAMETRO DE FORMA C DO POVOAMENTO ANTES DO DESBASTE          *
C                                                                       *
C  CR     PARAMETRO DE FORMA C DO POVOAMENTO RESIDUAL                   *
C                                                                       *
C  ROWP   PROPORCAO DE LINHAS RETIRADAS NO DESBASTE MECANICO            *
C                                                                       *
C  TS     NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECT. NO POVOAMENTO ANTES DO      *
C         DESBASTE                                                      *
C                                                                       *
C  TSR    NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECT. NO POVOAMENTO RESIDUAL      *
C                                                                       *
C ***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                  BLOCO DE CALCULO                 BLOCO 0100*
C                                                                       *
      AR=A
      BR=B
      CR=C
      P=1.0-ROWP
      BAR=P*BA
      TSR=P*TS
      PER=100*ROWP
      WRITE(2,279)PER
  279 FORMAT('0','DESBASTE MECANICO : RETIRADO ',F4.1,'%')
      RETURN
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
      SUBROUTINE SELECT(SA,S,A,B,C,TS,BA,DMIN,IFIRST,BAR,AR,BR,CR,TSR)
C                                                                       *
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                       *
```

```
C  EXECUTA O DESBASTE SELECTIVO                                          *
C                                                                        *
C************************************************************************
C                                                                        *
C*********                  VARIAVEIS SIMPLES                  **********
C                                                                        *
C  A      PARAMETRO DE LOCALIZACAO A DO POVOAMENTO ANTES DO DESBASTE     *
C                                                                        *
C  AR     PARAMETRO DE LOCALIZACAO A DO POVOAMENTO RESIDUAL              *
C                                                                        *
C  B      PARAMETRO DE ESCALA B DO POVOAMENTO ANTES DO DESBASTE          *
C                                                                        *
C  BA     AREA BASAL DO POVOAMENTO (M2) ANTES DO DESBASTE                *
C                                                                        *
C  BAR    AREA BASAL DO POVOAMENTO RESIDUAL (M2)                         *
C                                                                        *
C  C      PARAMETRO DE FORMA C DO POVOAMENTO ANTES DO DESBASTE           *
C                                                                        *
C  CR     PARAMETRO DE FORMA C DO POVOAMENTO RESIDUAL                    *
C                                                                        *
C  IFIRST O PRIMEIRO CODIGO DE DESBASTE, ONDE 1 = POVOAMENTO NUNCA       *
C         DESBASTADO E 0 = POVOAMENTO PREVIAMENTE DESBASTADO             *
C                                                                        *
C  TS     NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECT. NO POVOAMENTO ANTES DO       *
C         DESBASTE                                                       *
C                                                                        *
C  TSR    NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECT. NO POVOAMENTO RESIDUAL       *
C                                                                        *
C  SA     IDADE DO POVOAMENTO (ANOS)                                     *
C                                                                        *
C************************************************************************
C                                                                        *
C*********                  BLOCO DE CALCULO                  BLOCO 0100*
C                                                                        *
      WRITE(2,278)BAR
  278 FORMAT('0','DESBASTE SELECTIVO : AREA BASAL RESIDUAL = ',F4.1)
      PBR=(BA-BAR)/BA
      DQ=DQF(A,B,C)
      RC=1.0/C
      P95=A+B*(2.99573**RC)
      HTDC=HTDCF(SA,S)
      IF(IFIRST.EQ.0)GOTO 102
      P95R=0.121887+1.00076*P95
      IF(P95R.LE.P95)P95R=P95
      DMINR=0.438034+1.04701*DMIN
      IF(DMINR.LE.DMIN)DMINR=DMIN
      TSR=TS*((1.0-(1.0-BAR/BA)**0.896268)**0.882856)
      GOTO 103
  102 P95R=1.22143+0.981559*P95
      IF(P95R.LE.P95)P95R=P95
      DMINR=0.684456+1.07904*DMIN
      IF(DMINR.LE.DMIN)DMINR=DMIN
      TSR=TS*((1.0-(1.0-BAR/BA)**0.715054)**0.820574)
  103 AR=0.9*DMINR
      IF(AR.LT.A)AR=A
```

```
      DO 100 I=1,50
      CALL CFIND(BAR,TSR,AR,P95R,CR)
      RC=1.0/CR
      BR=(P95R-AR)/(2.99573**RC)
      CALL CHECKP(A,B,C,TS,AR,BR,CR,TSR,ICK)
      IF(ICK.EQ.1)GOTO 101
      P95R=P95R-0.1
  100 CONTINUE
  101 IFIRST=0
      RETURN
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
      SUBROUTINE CHECKP(A,B,C,TS,AR,BR,CR,TSR,ICK)
C                                                                       *
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                       *
C  VERIFICA A EXISTENCIA DE ANOMALIAS NA DISTRIBUICAO DE DIAMETROS      *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                 VARIAVEIS  SIMPLES                  **********
C                                                                       *
C  A      PARAMETRO DE LOCALIZACAO A DO POVOAMENTO ANTES DO DESBASTE    *
C                                                                       *
C  AR     PARAMETRO DE LOCALIZACAO A DO POVOAMENTO RESIDUAL             *
C                                                                       *
C  B      PARAMETRO DE ESCALA B DO POVOAMENTO ANTES DO DESBASTE         *
C                                                                       *
C  BR     PARAMETRO DE ESCALA B DO POVOAMENTO RESIDUAL                  *
C                                                                       *
C  C      PARAMETRO DE FORMA C DO POVOAMENTO ANTES DO DESBASTE          *
C                                                                       *
C  CR     PARAMETRO DE FORMA C DO POVOAMENTO RESIDUAL                   *
C                                                                       *
C  DAPI   TAMANHO DOS INTERVALOS EM QUE SE DIVIDE CADA CLASSE DE        *
C         DAP PARA PESQUISA DE ANOMALIAS. FAZER IGUAL A 0.2, PODENDO    *
C         SER MODIFICADO PELO UTILIZADOR                                *
C                                                                       *
C  DAPU   DAP MAXIMO, ATE AO QUAL E TESTADA A EXISTENCIA DE ANOMALIAS.  *
C         FAZER IGUAL A 80.0, PODENDO SER MODIFICADO PELO UTILIZADOR    *
C                                                                       *
C  ICK    CODIGO DE VERIFICACAO,ONDE ICK=1 SIGNIFICA NAO HAVER ANOMA-   *
C         LISA E ICK=0 A SUA EXISTENCIA                                 *
C                                                                       *
C  TS     NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECT. NO POVOAMENTO ANTES DO      *
C         DESBASTE                                                      *
C                                                                       *
C  TSR    NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECT. NO POVOAMENTO RESIDUAL      *
C                                                                       *
C***********************************************************************
```

```
C                                                                       *
C*********              BLOCO DE INICIALIZACAO              BLOCO 0100*
C                                                                       *
      DAPI=0.2
      DAPU=80.0
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                 BLOCO DE CALCULO                 BLOCO 0200*
C                                                                       *
      N=DAPU/DAPI+0.0001
      X=AR
      ICK=1
      DO 100 I=1,N
      X=X+DAPI
      IF(X.GT.DAPU)GOTO 102
      F=TS*WPDF(A,B,C,X)
      FR=TSR*WPDF(AR,BR,CR,X)
      IF(FR.GT.F)GOTO 101
  100 CONTINUE
  101 ICK=0
  102 RETURN
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
      SUBROUTINE PSTAND(SA1,BA1,TS1,S,A1,B1,C1,SA2,BA2,TS2,DMIN2,
     1A2,B2,C2)
C                                                                       *
C*********               IDENTIFICACAO DO PROGRAMA            **********
C                                                                       *
C  FAZ A PROJECCAO DO POVOAMENTO NO TEMPO                               *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                 VARIAVEIS SIMPLES                    **********
C                                                                       *
C  A1      PARAMETRO DE LOCALIZACAO A DO POVOAMENTO A PROJECTAR         *
C                                                                       *
C  A2      PARAMETRO DE LOCALIZACAO A DO POVOAMENTO PROJECTADO          *
C                                                                       *
C  B1      PARAMETRO DE ESCALA B DO POVOAMENTO A PROJECTAR              *
C                                                                       *
C  B2      PARAMETRO DE ESCALA B DO POVOAMENTO PROJECTADO               *
C                                                                       *
C  BA1     AREA BASAL POR HECT. DO POVOAMENTO A PROJECTAR (M2)          *
C                                                                       *
C  BA2     AREA BASAL POR HECT. DO POVOAMENTO PROJECTADO                *
C                                                                       *
C  C1      PARAMETRO DE FORMA C DO POVOAMENTO A PROJECTAR               *
C                                                                       *
C  C2      PARAMETRO DE FORMA C DO POVOAMENTO PROJECTADO                *B
C                                                                       *
```

```
C  DMIN2  DAP MINIMO (CMS) NO POVOAMENTO PROJECTADO                    *
C                                                                      *
C  S      CLASSE DE QUALIDADE (IDADE BASE 50) DO POVOAMENTO            *
C                                                                      *
C  SA1    IDADE DO POVOAMENTO A PROJECTAR (ANOS)                       *
C                                                                      *
C  SA2    IDADE DO POVOAMENTO PROJECTADO (ANOS)                        *
C                                                                      *
C  TS1    NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECT. NO POVOAMENTO A PROJECTAR  *
C                                                                      *
C  TS2    NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECT. NO POVOAMENTO PROJECTADO   *
C                                                                      *
C**********************************************************************
C                                                                      *
C*********                BLOCO DE CALCULO                  BLOCO 0100*
C                                                                      *
      RC=1.0/C1
      HTDC=HTDCF(SA1,S)
      P951=A1+B1*(2.99573**RC)
      F=1.0-SA1/SA2
      BA2=BA1**(SA1/SA2)*EXP(F*(4.178774+0.039053*HTDC))
      T=SA2-SA1
      TS2=TS1
      P952=154.155144*(BA1**(SA1/SA2)/TS1)**0.5*
     1EXP(-0.009172*T+F*(2.919335-0.034485*HTDC))
      DMIN2=44.995291*(BA1**(SA1/SA2)/TS1)**0.5*
     1EXP(0.062039*T+F*(-6.721703+0.039053*HTDC))
      A2=0.9*DMIN2
      IF(A2.LT.A1)A2=A1
      DO 100 I=1,50
      CALL CFIND(BA2,TS2,A2,P952,C2)
      RC=1.0/C2
      B2=(P952-A2)/(2.99573**RC)
      CALL CHECK(A1,B1,C1,TS1,A2,B2,C2,TS2,ICK)
      IF(ICK.EQ.1)GOTO 101
      A2=A2+0.1
  100 CONTINUE
  101 RETURN
      END
C                                                                      *
C                                                                      *
C                                                                      *
C                                                                      *
C                                                                      *
      FUNCTION GAMMA(DN)
C                                                                      *
C*********            IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                      *
C  CALCULA A FUNCAO GAMA (FACTORIAL GENERALIZADO) DE DN                *
C                                                                      *
C**********************************************************************
C                                                                      *
C*********                VARIAVEIS SIMPLES                  **********
C                                                                      *
C  DN     PONTO NO QUAL DEVE SER CALCULADA A FUNCAO GAMA               *
```

```
C                                                                       *
C  GAMMA  VALOR CALCULADO PELA FUNCAO GAMA DE DN                        *
C                                                                       *
C  IO     CODIGO DA UNIDADE ONDE SERA ARMAZENADA A 'OUTPUT FILE'.       *
C         O FICHEIRO DEVE SER 'ABERTO' E 'FECHADO' NO 'MAIN PROGRAM'.   *
C         AQUI FAZ-SE IO=2, MAS PODE SER MODIFICADO PELO UTILIZADOR.    *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********              BLOCO DE INICIALIZACAO              **********
C                                                                       *
      IO=2
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                BLOCO DE CALCULO                 BLOCO 0200*
C                                                                       *
      DLGGM= 0.
      IF(DN)90,90,91
   91 DTERM=0.
      DNX=DN
    7 IF(DNX-20.  )11,10,10
   11 DTERM=DTERM + ALOG(DNX)
      DNX=DNX+ 1.
      GO TO 7
   10 DLGGM= (DNX-.5)*ALOG(DNX)-DNX+1./(12.*DNX)
     1      -1./(36.E1*DNX**3)+1./(1.26E3*DNX**5)-1./(1.68E3*DNX**7)
     2      +1./(1188.E1*DNX**9)-6.91E2/(36036.E1*DNX**11)
     3      +1./(1.56E2*DNX**13)+ 0.918938533204673  - DTERM
      GAMMA= EXP(DLGGM)
   99 RETURN
   90 WRITE(IO,100) DN
  100 FORMAT(1H0,10X,'ARGUMENTO DADO A FUNCAO GAMA .LE. ZERO, ARGUME
     1NTO = ',F15.8)
      GO TO 99
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
      SUBROUTINE STABLE(SA,HTDC,TS,BA,A,B,C,ICASCA)
C                                                                       *
C*********             IDENTIFICACAO DO PROGRAMA            **********
C                                                                       *
C  FAZ OS QUADROS COM AS CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO NAS IDADES       *
C  CONSIDERADAS                                                         *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                VARIAVEIS SIMPLES                  **********
C                                                                       *
C  A      PARAMETRO DE LOCALIZACAO DE WEIBUL                            *
C                                                                       *
C  B      PARAMETRO DE ESCALA DE WEIBUL                                 *
```

```
C                                                                       *
C  BA      AREA BASAL POR HECTARE (M2)                                  *
C                                                                       *
C  C       PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL                                 *
C                                                                       *
C  HTDC    ALTURA DOMINANTE DO POVOAMENTO (METROS)                      *
C                                                                       *
C  SA      IDADE DO POVOAMENTO (ANOS)                                   *
C                                                                       *
C  TS      NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECTARE                          *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                BLOCO DE CALCULO                   BLOCO 0100*
C                                                                       *
      ISA=SA+0.5
      WRITE(5,121)ISA
  121 FORMAT('0','IDADE DO POVOAMENTO = ',I3)
      S=SF(SA,HTDC)
      IS=S+0.5
      WRITE(5,122)IS
  122 FORMAT('0','CLASSE DE QUALIDADE = ',I3)
      WRITE(2,125)ISA,IS
  125 FORMAT('0','IDADE = ',I3,12X,'CLASSE DE QUALIDADE = ',I3)
      WRITE(5,123)HTDC
  123 FORMAT('0','ALTURA DOMINANTE = ',F5.1)
      DQ=DQF(A,B,C)
      WRITE(5,124)DQ
  124 FORMAT('0','DIAMETRO MEDIO = ',F5.1)
      WRITE(2,126)HTDC,DQ
  126 FORMAT('0','ALT. DOMINANTE = ',F4.1,6X,'DIAMETRO MEDIO = ',F4.1)
      WRITE(5,221)A,B,C
      WRITE(2,221)A,B,C
  221 FORMAT('0','PARAM. DE WEIBUL: A =',F5.2,3X,'B =',F5.2,
     13X,'C =',F5.2)
C
C
      IF(ICASCA.EQ.0.0)GOTO 210
      WRITE(2,201)
  201 FORMAT('0',5X,'(Volumes com casca, corte a 0.15m)')
      GOTO 84
  210 WRITE(2,202)
  202 FORMAT(/,'0',5X,'(Volumes sem casca, corte a 0.15m)')
C
C
   84 CTS=0.0
      CBA=0.0
      CTV=0.0
      HTP=0.0
      CVM=0.0
      CVR=0.0
      CVL=0.0
      WRITE(5,102)
      WRITE(2,102)
  102 FORMAT('0','DAP',5X,'N.ARV.',4X,'AREA BASAL',4X,'ALT
```

```
   1URA',4X,'VOL.TOT.',4X,'VOL.ROL.',4X,'VOL.MAD.')
    WRITE(5,103)
    WRITE(2,103)
103 FORMAT(' ',3('-'),5X,6('-'),4X,10('-'),4X,6('-'),4X,8('-'),4X,
   18('-'),4X,8('-'))
    IA=A/5+1
    GM=5*IA
    IGM=GM+0.00001
    UG=2.49999+GM
    CDF=WCDF(A,B,C,UG)
    TSDAP=TS*CDF
    IF(TSDAP.LT.0.5)GOTO 109
    DAP=IGM
    CALL BADAP(A,UG,TS,A,B,C,BAD)
    HT=HTF(SA,HTDC,BA,TS,DAP)
    VAMM=VM(DAP,HT,ICASCA)
    VMDAP=VAMM*TSDAP
    VAMR=VR(DAP,HT,VAMM,ICASCA)
    VRDAP=VAMR*TSDAP
    VAML=VL(DAP,HT,VAMR,ICASCA)
    VLDAP=VAML*TSDAP
    WRITE(5,101)IGM,TSDAP,BAD,HT,VLDAP,VRDAP,VMDAP
    WRITE(2,101)IGM,TSDAP,BAD,HT,VLDAP,VRDAP,VMDAP
101 FORMAT(' ',I3,1X,2(F10.1,2X),F10.1,4(4X,F8.2))
    CTS=CTS+TSDAP
    CBA=CBA+BAD
    HTP=HTP+HT*TSDAP
    CVM=CVM+VMDAP
    CVR=CVR+VRDAP
    CVL=CVL+VLDAP
109 IL=GM+5.000001
    TSP=0.0
    DO 100 I=IL,150,5
    RJL=FLOAT(I)-2.5
    RJU=FLOAT(I)+2.5
    CDF1=WCDF(A,B,C,RJL)
    CDF2=WCDF(A,B,C,RJU)
    CDF=CDF2-CDF1
    TSDAP=TS*CDF
    IF((TSDAP.LT.TSP).AND.(TSDAP.LT.0.5))GOTO 104
    DAP=I
    TSP=TSDAP
    CALL BADAP(RJL,RJU,TS,A,B,C,BAD)
    HT=HTF(SA,HTDC,BA,TS,DAP)
    VAMM=VM(DAP,HT,ICASCA)
    VMDAP=VAMM*TSDAP
    VAMR=VR(DAP,HT,VAMM,ICASCA)
    VRDAP=VAMR*TSDAP
    VAML=VL(DAP,HT,VAMR,ICASCA)
    VLDAP=VAML*TSDAP
    WRITE(5,101)I,TSDAP,BAD,HT,VLDAP,VRDAP,VMDAP
    WRITE(2,101)I,TSDAP,BAD,HT,VLDAP,VRDAP,VMDAP
    CTS=CTS+TSDAP
    CBA=CBA+BAD
    CVM=CVM+VMDAP
```

```
      CVR=CVR+VRDAP
      CVL=CVL+VLDAP
      HTP=HTP+HT*TSDAP
  100 CONTINUE
  104 WRITE(5,103)
      WRITE(2,103)
      HTC=HTP/CTS
      WRITE(5,105)CTS,CBA,HTC,CVL,CVR,CVM
      WRITE(2,105)CTS,CBA,HTC,CVL,CVR,CVM
  105 FORMAT(' ',4X,2(F10.1,2X),F10.1,3(3X,F9.2))
      RETURN
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
      FUNCTION WPDF(A,B,C,X)
C                                                                       *
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                       *
C  CALCULA O VALOR DE UMA DADA FUNCAO DE DISTRIBUICAO CUMULATIVA DE     *
C  WEIBUL NUM DETERMINADO VALOR X                                       *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                 VARIAVEIS SIMPLES                   **********
C                                                                       *
C  A       PARAMETRO DE LOCALIZACAO DE WEIBUL                           *
C                                                                       *
C  B       PARAMETRO DE ESCALA DE WEIBUL                                *
C                                                                       *
C  C       PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL                                 *
C                                                                       *
C  WPDF    VALOR CALCULADO PARA UMA DADA FUNCAO DE DISTRIBUICAO CUMU-   *
C          LATIVA NUM DETERMINADO VALOR X                               *
C                                                                       *
C  X       VALOR PARA O QUAL E CALCULADA A FUNCAO DE DISTRIBUICAO CUMU- *
C          LATIVA DE WEIBUL                                             *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                 BLOCO DE CALCULO                  BLOCO 0100*
C                                                                       *
      R1=((X-A)/B)**(C-1.0)
      R2=EXP(-1.0*(((X-A)/B)**C))
      WPDF=(C/B)*R1*R2
      RETURN
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
      SUBROUTINE BADAP(RL,RU,TS,A,B,C,BAD)
C                                                                       *
```

```
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                        *
C  CALCULA A AREA BASAL (M2) NUMA DADA CLASSE DE DAP FAZENDO A INTE-     *
C  GRACAO NUMERICA PELA REGRA DE SIMPSON.                                *
C                                                                        *
C************************************************************************
C                                                                        *
C*********                  VARIAVEIS SIMPLES                  **********
C                                                                        *
C  A      PARAMETRO DE LOCALIZACAO DE WEIBUL                             *
C                                                                        *
C  B      PARAMETRO DE ESCALA DE WEIBUL                                  *
C                                                                        *
C  BAD    AREA BASAL CALCULADA (M2) NUMA DADA CLASSE DE DAP              *
C                                                                        *
C  C      PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL                                   *
C                                                                        *
C  RL     LIMITE INFERIOR (CMS) DE UMA DADA CLASSE DE DAP                *
C                                                                        *
C  RU     LIMITE SUPERIOR (CMS) DE UMA DADA CLASSE DE DAP                *
C                                                                        *
C  TS     NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECTARE                            *
C                                                                        *
C************************************************************************
C                                                                        *
C*********               BLOCO DE INICIALIZACAO              BLOCO 0100*
C                                                                        *
      N=10
C                                                                        *
C************************************************************************
C                                                                        *
C*********                 BLOCO DE CALCULO                  BLOCO 0200*
C                                                                        *
      H=(RU-RL)/FLOAT(N)
      HOV2=H/2.0
      BAD=0.0
      X=RL+HOV2
      HALF=FBA(A,B,C,TS,X)
      NM1=N-1
      DO 100 I=1,NM1
      X=RL+FLOAT(I)*H
      BAD=BAD+FBA(A,B,C,TS,X)
      X=X+HOV2
      HALF=HALF+FBA(A,B,C,TS,X)
  100 CONTINUE
      BAD=(H/6.0)*(FBA(A,B,C,TS,RL)+4.0*HALF+2.0*BAD+FBA(A,B,C,TS,RU))
      RETURN
      END
C                                                                        *
C                                                                        *
C                                                                        *
C                                                                        *
C                                                                        *
      FUNCTION FBA(A,B,C,TS,X)
C                                                                        *
```

```
C**********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              *********
C                                                                        *
C  FAZ A EQUACAO DA AREA BASAL PARA UM DETERMINADO VALOR DE X, A USAR  *
C  NO CALCULO DA AREA BASAL (M2) DE UMA DADA CLASSE DE DAP FAZENDO A   *
C  INTEGRACAO NUMERICA PELO METODO DE SIMPSON                          *
C                                                                        *
C************************************************************************
C                                                                        *
C*********                  VARIAVEIS SIMPLES                  **********
C                                                                        *[B
C  A      PARAMETRO DE LOCALIZACAO DE WEIBUL                            *
C                                                                        *
C  B      PARAMETRO DE ESCALA DE WEIBUL                                 *
C                                                                        *
C  C      PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL                                  *
C                                                                        *
C  FBA    VALOR CALCULADO DA EQUACAO DE AREA BASAL NO PONTO X           *
C                                                                        *
C  TS     NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECTARE                           *
C                                                                        *
C  X      VALOR PARA O QUAL E FEITA A EQUACAO DE AREA BASAL             *
C                                                                        *
C*********                  BLOCO DE CALCULO                  BLOCO 0100*
C                                                                        *
      T1=-1.0*(((X-A)/B)**C)
      T2=((X-A)/B)**(C-1.0)
      T3=(C/B)*T2*EXP(T1)
      FBA=(0.78539/10000)*TS*(X**2)*T3
      RETURN
      END
C                                                                        *
C                                                                        *
C                                                                        *
C                                                                        *
C                                                                        *
C                                                                        *
      SUBROUTINE TVDAP (RL,RU,SA,HTDC,BA,TS,A,B,C,TVD)
C                                                                        *
C*********                IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                        *
C  CALCULA O VOLUME TOTAL (DCMS 3) COM CASCA, DO NIVEL DO CHAO AO TOPO,*
C  NUMA DADA CLASSE DE DAP FAZENDO INTEGRACAO NUMERICA PELO METODO DE  *
C  SIMPSON.                                                            *
C                                                                        *
C************************************************************************
C                                                                        *
C*********                  VARIAVEIS  SIMPLES                 **********
C                                                                        *
C  A      PARAMETRO DE LOCALIZACAO DE WEIBUL                            *
C                                                                        *
C  B      PARAMETRO DE ESCALA DE WEIBUL                                 *
C                                                                        *
C  BA     AREA BASAL POR HECTARE (M2)                                   *
C                                                                        *
C  HTDC   ALTURA DOMINANTE DO POVOAMENTO (METROS)                       *
```

```
C                                                                       *
C  C      PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL                                  *
C                                                                       *
C  RL     LIMITE INFERIOR (CMS) DA CLASSE DE DAP CONSIDERADA            *
C                                                                       *
C  RU     LIMITE SUPERIOR (CMS) DA CLASSE DE DAP CONSIDERADA            *
C                                                                       *
C  SA     IDADE DO POVOAMENTO (ANOS)                                    *
C                                                                       *
C  TS     NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECTARE                           *
C                                                                       *
C  TVD    VOLUME TOTAL CALCULADO SOBRE CASCA (DCMS 3), DO NIVEL DO      *
C         CHAO AO TOPO, NA CLASSE DE DAP CONSIDERADA                    *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********              BLOCO DE INICIALIZACAO              BLOCO 0100*
C                                                                       *
      N=10
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                 BLOCO DE CALCULO                 BLOCO 0200*
C                                                                       *
      H=(RU-RL)/FLOAT(N)
      HOV2=H/2.0
      TVD=0.0
      X=RL+HOV2
      HALF=FTV(SA,HTDC,BA,TS,A,B,C,X)
      NM1=N-1
      DO 100 I=1,NM1
      X=RL+FLOAT(I)*H
      TVD=TVD+FTV(SA,HTDC,BA,TS,A,B,C,X)
      X=X+HOV2
      HALF=HALF+FTV(SA,HTDC,BA,TS,A,B,C,X)
  100 CONTINUE
      TVD=(H/6.0)*(FTV(SA,HTDC,BA,TS,A,B,C,RL)+4.0*HALF+
     12.0*TVD+FTV(SA,HTDC,BA,TS,A,B,C,RU))
      RETURN
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
      FUNCTION FTV(SA,HTDC,BA,TS,A,B,C,DAP)
C                                                                       *
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA             **********
C                                                                       *
C  FAZ A EQUACAO DE VOLUME TOTAL PARA UM DADO VALOR DE X PARA SER       *
C  USADA NO CALCULO DO VOLUME TOTAL (DCMS 3) SOBRE CASCA, DO NIVEL DO   *
C  CHAO AO TOPO, NUMA DADA CLASSE DE DAP POR INTEGRACAO NUMERICA PELO   *
C  METODO DE SIMPSON                                                    *
C                                                                       *
C***********************************************************************
```

```
C                                                                       *
C*********                VARIAVEIS  SIMPLES                  **********
C                                                                       *
C  A      PARAMETRO DE LOCALIZACAO DE WEIBUL                            *
C                                                                       *
C  B      PARAMETRO DE ESCALA DE WEIBUL                                 *
C                                                                       *
C  BA     AREA BASAL POR HECTARE (M2)                                   *
C                                                                       *
C  C      PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL                                  *
C                                                                       *
C  DAP    DAP MEDIO DE DE UMA DADA CLASSE DE DAP (CMS.)                 *
C                                                                       *
C  HTDC   ALTURA DOMINANTE DO POVOAMENTO (MTS)                          *
C                                                                       *
C  SA     IDADE DO POVOAMENTO (ANOS)                                    *
C                                                                       *
C  TS     NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECTARE                           *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                BLOCO DE CALCULO                  BLOCO 0100*
C                                                                       *
      T1=-1.0*(((DAP-A)/B)**C)
      T2=((DAP-A)/B)**(C-1.0)
      T3=(C/B)*T2*EXP(T1)
      HT=HTF(SA,HTDC,BA,TS,DAP)
      V=VF(DAP,HT)
      FTV=TS*V*T3
      RETURN
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
      SUBROUTINE ITINP(TS,BA,P95,DMIN,A,B,C)
C                                                                       *
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA             **********
C                                                                       *
C  LE OS 'INPUTS' OPCIONAIS DOS POVOAMENTOS PREVIAMENTE DESBASTADOS     *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                VARIAVEIS SIMPLES                   *********
C                                                                       *
C  A      PARAMETRO DE LOCALIZACAO DE WEIBUL                            *
C                                                                       *
C  B      PARAMETRO DE ESCALA DE WEIBUL                                 *
C                                                                       *
C  BA     AREA BASAL POR HECTARE (M2)                                   *
C                                                                       *
C  C      PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL                                  *
C                                                                       *
C  DMIN   DAP MINIMO DO POVOAMENTO (CMS.)                               *
```

```
C                                                                       *
C  P95    O 95º PERCENTIL (CMS) DA DISTRIBUICAO DE WEIBUL               *
C                                                                       *
C  TS     NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECTARE                           *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                  BLOCO DE CALCULO                 BLOCO 0100*
C                                                                       *
      WRITE(5,100)
  100 FORMAT('0','PARA POVOAMENTOS PREVIAMENTE DESBASTADOS ESCOLHA
     1 INTRODUZIR',
     25X,/,'0','(1) NUMERO DE ARVORES POR CLASSE DE DIAMETRO,',
     35X,/,'0','(2) PARAMETROS DE WEIBUL OU',
     45X,/,'0','(3) PARAMETROS DO POVOAMENTO.')
      ACCEPT*,IC
      GOTO(101,102,103),IC
  101 CALL STINP(TS,BA,P95,DMIN,A,B,C)
      GOTO 104
  102 CALL WPINP(TS,A,B,C,BA,P95,DMIN)
      GOTO 104
  103 CALL SAINP(TS,BA,P95,DMIN,A,B,C)
  104 RETURN
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
      SUBROUTINE STINP(TS,BA,P95,DMIN,A,B,C)
C                                                                       *
C*********            IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                       *
C  ACEITA A INTRODUCAO DO NUMERO DE ARVORES POR CLASSE DE DIAMETRO EM  *
C  POVOAMENTOS PREVIAMENTE DESBASTADOS                                 *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                VARIAVEIS SIMPLES                 **********
C                                                                       *
C  A      PARAMETRO DE LOCALIZACAO DE WEIBUL                            *
C                                                                       *
C  B      PARAMETRO DE ESCALA DE WEIBUL                                 *
C                                                                       *
C  BA     AREA BASAL POR HECTARE (M2)                                   *
C                                                                       *
C  C      PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL                                  *
C                                                                       *
C  DMIN   DAP MINIMO DO POVOAMENTO (CMS.)                               *
C                                                                       *
C  P95    O 95º PERCENTIL (CMS.) DA DISTRIBUICAO DE WEIBUL              *
C                                                                       *
C  TS     NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECTARE                           *
C                                                                       *
C***********************************************************************
```

```
C                                                                       *
C*********                BLOCO DE CALCULO                   BLOCO 0100*
C                                                                       *
      DIMENSION RN(50)
      WRITE(2,200)
  200 FORMAT('0','INTRODUZIDAS TS/CLASSE DE DAP')
      WRITE(5,100)
  100 FORMAT('0','INTRODUZA O NUMERO DE ARVORES POR HECT. EM CADA
     1CLASSE DE DIAMETRO.'
     2,/,' ','UM -9 INDICA NAO HAVER ARVORES NESSA E PARA ALEM DESSA
     3CLASSE DE DAP.')
      TS=0.0
      DO 101 I=1,50
      WRITE(5,102)I
  102 FORMAT('0',5X,I2,1X,'-A',3X,'CLASSE DE DIAMETRO DE 5 CTMS. ?')
      ACCEPT*,RN(I)
      IF(RN(I).LT.-0.0001)GOTO 103
      TS=TS+RN(I)
  101 CONTINUE
  103 T90=0.90*TS
      SUM=0.0
      DO 104 I=1,50
      SUM=SUM+RN(I)
      IF(SUM.LT.T90)GOTO 104
      SUM=SUM-RN(I)
      RJ=FLOAT(I-1)
      K=I
      GOTO 105
  104 CONTINUE
  105 D=T90-SUM
      P95=5.0*(RJ+0.5+(D/RN(K)))
      BA=0.0
      DO 106 I=1,50
      IF(RN(I).LT.-0.0001)GOTO 107
      D=5.0*FLOAT(I)
      BA=BA+(0.78539/10000)*RN(I)*(D**2)
  106 CONTINUE
  107 DO 108 I=1,50
      IF(RN(I).EQ.0)GOTO 108
      DMIN=5*FLOAT(I)-2.5
      GOTO 109
  108 CONTINUE
  109 A=0.9*DMIN
      CALL CFIND(BA,TS,A,P95,C)
      RC=1.0/C
      B=(P95-A)/(2.99573**RC)
      RETURN
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
      SUBROUTINE WPINP(TS,A,B,C,BA,P95,DMIN)
C                                                                       *
```

```
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                       *
C  ACEITA OS PARAMETROS DE WEIBUL DE UM POVOAMENTO PREVIAMENTE DES-     *
C  BASTADO                                                              *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                 VARIAVEIS  SIMPLES                  **********
C                                                                       *
C  A      PARAMETRO DE LOCALIZACAO DE WEIBUL                            *
C                                                                       *
C  B      PARAMETRO DE ESCALA DE WEIBUL                                 *
C                                                                       *
C  BA     AREA BASAL POR HECTARE (M2)                                   *
C                                                                       *
C  C      PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL                                  *
C                                                                       *
C  DMIN   DIAMETRO MINIMO DO POVOAMENTO (CTMS)                          *
C                                                                       *
C  P95    O 95º PERCENTIL (CTMS) DA DISTRIBUICAO DE WEIBUL              *
C                                                                       *
C  TS     NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECTARE                           *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                BLOCO DE CALCULO                   BLOCO 0100*
C                                                                       *
      WRITE(2,200)
  200 FORMAT('0','INTRODUZIDOS OS PARÂMETROS DE WEIBUL')
      WRITE(5,100)
  100 FORMAT('0','INTRODUZA O NUM. DE ARVORES VIVAS POR HECTARE')
      ACCEPT*,TS
      WRITE(5,101)
  101 FORMAT('0','INTRODUZA O PARAMETRO DE LOCALIZACAO DE WEIBUL  A')
      ACCEPT*,A
      WRITE(5,102)
  102 FORMAT('0','INTRODUZA O PARAMETRO DE ESCALA DE WEIBUL  B')
      ACCEPT*,B
      WRITE(5,103)
  103 FORMAT('0','INTRODUZA O PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL  C')
      ACCEPT*,C
      DMIN=1.111111*A
      P95=A+B*((-1.0*ALOG(0.07))**(1.0/C))
      DQ2=(A**2)+2.0*A*B*GAMMA(1.0+1.0/C)+(B**2)*GAMMA(1.0+2.0/C)
      BA=(0.78539/10000)*TS*DQ2
      ITS=TS+0.5
      WRITE(2,201)ITS,A,B,C
  201 FORMAT('0','TS =',I4,5X,'A =',F5.2,5x,'B =',F5.2,5X,'C =',F5.2)
      RETURN
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
```

```
      SUBROUTINE SAINP(TS,BA,P95,DMIN,A,B,C)
C                                                                       *
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                       *
C  ACEITA OS PARAMETROS DE UM POVOAMENTO PREVIAMENTE DESBASTADO         *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                 VARIAVEIS  SIMPLES                  **********
C                                                                       *
C  A      PARAMETRO DE LOCALIZACAO DE WEIBUL                            *
C                                                                       *
C  B      PARAMETRO DE ESCALA DE WEIBUL                                 *
C                                                                       *
C  BA     AREA BASAL POR HECTARE (M2)                                   *
C                                                                       *
C  C      PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL                                  *
C                                                                       *
C  DMIN   DIAMETRO MINIMO DO POVOAMENTO (CMS)                           *
C                                                                       *
C  P95    O 95º PERCENTIL (CMS) DA DISTRIBUICAO DE WEIBUL               *
C                                                                       *
C  TS     NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECTARE                           *
C                                                                       *
C*********                  BLOCO DE CALCULO                 BLOCO 0100*
C                                                                       *
      WRITE(2,200)
  200 FORMAT('0','INTRODUZIDOS OS PARÂMETROS DO POVOAMENTO')
      WRITE(5,100)
  100 FORMAT('0','INTRODUZA O NUM. DE ARVORES VIVAS POR HECTARE')
      ACCEPT*,TS
      WRITE(5,101)
  101 FORMAT('0','INTRODUZA A AREA BASAL POR HECTARE')
      ACCEPT*,BA
      WRITE(5,102)
  102 FORMAT('0','INTRODUZA O DIAMETRO MINIMO')
      ACCEPT*,DMIN
      WRITE(5,103)
  103 FORMAT('0','INTRODUZA O DIAMETRO CORRESPONDENTE AO 95º PERCENTIL')
      ACCEPT*,P95
      A=0.9*DMIN
      CALL CFIND(BA,TS,A,P95,C)
      RC=1.0/C
      B=(P95-A)/(2.99573**RC)
      ITS=TS+0.5
      WRITE(2,201)ITS,BA,DMIN,P95
  201 FORMAT('0','TS =',I4,5X,'BA =',F4.1,5x,'DMIN =',F4.1,5X,
     1'P95 =',F4.1)
      RETURN
      END
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
C                                                                       *
```

```
      SUBROUTINE CHECK(A,B,C,TS,AR,BR,CR,TSR,ICK)
C
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                        *
C   VERIFICA ANOMALIAS NA DISTRIBUICAO DE DIAMETROS                      *
C                                                                        *
C************************************************************************
C                                                                        *
C*********                  VARIAVEIS SIMPLES                  **********
C                                                                        *
C  A      PARAMETRO DE LOCALIZACAO DE WEIBUL ANTES DO DESBASTE           *
C                                                                        *
C  AR     PARAMETRO DE LOCALIZACAO DE WEIBUL DO POVOAMENTO RESIDUAL      *
C                                                                        *
C  B      PARAMETRO DE ESCALA DE WEIBUL ANTES DO DESBASTE                *
C                                                                        *
C  BR     PARAMETRO DE ESCALA DE WEIBUL DO POVOAMENTO RESIDUAL           *
C                                                                        *
C  C      PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL ANTES DO DESBASTE                 *
C                                                                        *
C  CR     PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL DO POVOAMENTO RESIDUAL            *
C                                                                        *
C  DAPI   TAMANHO DOS INTERVALOS EM QUE SE DIVIDE CADA CLASSE DE         *
C         DAP PARA PESQUISA DE ANOMALIAS. FAZER IGUAL A 0.2, PODENDO     *
C         SER MODIFICADO PELO UTILIZADOR                                 *
C                                                                        *
C  DAPU   DAP MAXIMO, ATE AO QUAL E TESTADA A EXISTENCIA DE ANOMALIAS.   *
C         FAZER IGUAL A 80.0, PODENDO SER MODIFICADO PELO UTILIZADOR     *
C                                                                        *
C  ICK    CODIGO DE VERIFICACAO,ONDE ICK=1 SIGNIFICA NAO HAVER ANOMA-    *
C         LISA E ICK=0 A SUA EXISTENCIA                                  *
C                                                                        *
C  TS     NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECT. NO POVOAMENTO ANTES DO       *
C         DESBASTE                                                       *
C                                                                        *
C  TSR    NUMERO DE ARVORES VIVAS POR HECT. NO POVOAMENTO RESIDUAL       *
C                                                                        *
C************************************************************************
C                                                                        *
C*********              BLOCO DE INICIALIZACAO              BLOCO 0100*
C                                                                        *
      DAPI=0.2
      DAPU=80.0
C                                                                        *
C************************************************************************
C                                                                        *
C*********                BLOCO DE CALCULO                  BLOCO 0200*
C                                                                        *
      N=DAPU/DAPI+0.0001
      X=AR
      ICK=1
      DO 100 I=1,N
      X=X+DAPI
      IF(X.GT.DAPU)GOTO 102
      F=TS*WCDF(A,B,C,X)
```

IF(FR. GT. F) GO TO 101

```
      FR=TSR*WCDF(AR,BR,CR,X)
  100 CONTINUE
  101 ICK=0
  102 RETURN
      END
C
C
C
C
C
      FUNCTION WCDF(A,B,C,X)
C                                                                       *
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              **********
C                                                                       *
C  CALCULA O VALOR DE UMA DADA FUNCAO DE DISTRIBUICAO CUMULATIVA DE     *
C  WEIBUL NUM DETERMINADO VALOR X                                       *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                 VARIAVEIS SIMPLES                   **********
C                                                                       *
C  A       PARAMETRO DE LOCALIZACAO DE WEIBUL                           *
C                                                                       *
C  B       PARAMETRO DE ESCALA DE WEIBUL                                *
C                                                                       *
C  C       PARAMETRO DE FORMA DE WEIBUL                                 *
C                                                                       *
C  WCDF    VALOR CALCULADO PARA UMA DADA FUNCAO DE DISTRIBUICAO CUMU-   *
C          LATIVA NUM DETERMINADO VALOR X                               *
C                                                                       *
C  X       VALOR PARA O QUAL E CALCULADA A FUNCAO DE DISTRIBUICAO CUMU- *
C          LATIVA DE WEIBUL                                             *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                 BLOCO DE CALCULO                   BLOCO 0100*
C                                                                       *
      WCDF=1.0-EXP(-1.0*(((X-A)/B)**C))
      RETURN
      END
C
C
C
C
C
      FUNCTION VM(DAP,HT,ICASCA)
C
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              *********
C                                                                       *
C  CALCULA O VOLUME DE MADEIRA DA ARVORE INDIVIDUAL MEDIA EM CADA       *
C  CLASSE DE DIAMETRO COM RECURSO A UMA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO     *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
```

```
C*********                    VARIAVEIS SIMPLES                    *********
C                                                                          *
C  DAP       DIAMETRO A ALTURA DE 1.30 METROS                              *
C                                                                          *
C  HT        ALTURA MEDIA PARA UMA DADA CLASSE DE DIAMETRO                 *
C                                                                          *
C  DIAMM     DIAMETRO DE DESPONTA PARA MADEIRA. FAZ-SE AQUI IGUAL A        *
C            20.0 CENTIMETROS MAS PODE SER MODIFICADO PELO UTILIZADOR.    *
C                                                                          *
C  ALTCOR    ALTURA DO CORTE. FAZ-SE AQUI IGUAL A 0.15 METROS MAS PODE     *
C            SER ALTERADO PELO UTILIZADOR.                                 *
C                                                                          *
C  ALTORO   ALTURA MINIMA DO TORO PARA SE CONSIDERAR VOLUME DE MADEIRA.    *
C           FAZ-SE AQUI IGUAL A 2.30 MAS PODE SER ALTERADO PELO UTILI-     *
C           ZADOR.                                                         *
C                                                                          *
C  ALTM     ALTURA CORRESPONDENTE A DESPONTA A (DIAMM).                    *
C                                                                          *
C  VM       VOLUME DE MADEIRA.                                             *
C                                                                          *
C  COEFA    COEFICIENTE A DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC          *
C                                                                          *
C  COEFB    COEFICIENTE B DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC          *
C                                                                          *
C  COEFC    COEFICIENTE C DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC          *
C                                                                          *
C**************************************************************************
C
C*********                 BLOCO DE INICIALIZACAO                  *********
C
      DIAMM=20.0
      ALTCOR=0.15
      ALTORO=2.30
C
C*********                   BLOCO DE CALCULO                      *********
C
      COEFA=CALCA(DAP,HT,ICASCA)
      COEFB=-2*COEFA
      COEFC=COEFA
      ALTM=HTM(DAP,HT,COEFA,COEFB,COEFC,DIAMM)
      IF(ALTM.LT.ALTCOR)GOTO 100
      RHM=ALTM/HT-ALTCOR/HT
      RHM2=(ALTM/HT)**2-(ALTCOR/HT)**2
      RHM3=(ALTM/HT)**3-(ALTCOR/HT)**3
      VM=0.00007854*DAP**2*HT*(COEFA*RHM+(COEFB/2)*RHM2+(COEFC/3)*RHM3)
      GOTO 101
  100 VM=0
  101 RETURN
      END
C
C
C
C
C
      FUNCTION VR(DAP,HT,VAMM,ICASCA)
```

```
C
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              *********
C                                                                       *
C  CALCULA O VOLUME DE ROLARIA DA ARVORE INDIVIDUAL MEDIA EM CADA       *
C  CLASSE DE DIAMETRO COM RECURSO A UMA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO     *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                VARIAVEIS SIMPLES                    *********
C  DAP      DIAMETRO A ALTURA DE 1.30 METROS                            *
C                                                                       *
C  HT       ALTURA MEDIA PARA UMA DADA CLASSE DE DIAMETRO               *
C                                                                       *
C  VAMM     VOLUME DE MADEIRA.                                          *
C                                                                       *
C  DIAMM    DIAMETRO DE DESPONTA PARA MADEIRA. FAZ-SE AQUI IGUAL A      *
C           20.0 CENTIMETROS MAS PODE SER MODIFICADO PELO UTILIZADOR.   *
C                                                                       *
C  DIAMR    DIAMETRO DE DESPONTA PARA ROLARIA. FAZ-SE AQUI IGUAL A      *
C           7.0 CENTIMETROS MAS PODE SER MODIFICADO PELO UTILIZADOR.    *
C                                                                       *
C  ALTCOR   ALTURA DO CORTE. FAZ-SE AQUI IGUAL A 0.15 METROS MAS PODE   *
C           SER ALTERADO PELO UTILIZADOR.                               *
C                                                                       *
C  ALTM    ALTURA CORRESPONDENTE A DESPONTA A (DIAMM).                  *
C                                                                       *
C  ALTR    ALTURA CORRESPONDENTE A DESPONTA A (DIAMR).                  *
C                                                                       *
C  VR      VOLUME DE ROLARIA EM M3                                      *
C                                                                       *
C  COEFA   COEFICIENTE A DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC        *
C                                                                       *
C  COEFB   COEFICIENTE B DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC        *
C                                                                       *
C  COEFC   COEFICIENTE C DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC        *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********              BLOCO DE INICIALIZACAO                 *********
C
      DIAMM=20.0
      DIAMR=7.0
      ALTCOR=0.15
C                                                                       *
C*********                BLOCO DE CALCULO                     *********
C                                                                       *
      COEFA=CALCA(DAP,HT,ICASCA)
      COEFB=-2*COEFA
      COEFC=COEFA
      ALTR=HTR(DAP,HT,COEFA,COEFB,COEFC,DIAMR)
      IF(ALTR.LT.ALTCOR)GOTO 102
      IF(VAMM.EQ.0.0)GOTO 100
      ALTM=HTM(DAP,HT,COEFA,COEFB,COEFC,DIAMM)
      GOTO 101
  100 ALTM=ALTCOR
```

```
  101 RHR=ALTR/HT-ALTM/HT
      RHR2=(ALTR/HT)**2-(ALTM/HT)**2
      RHR3=(ALTR/HT)**3-(ALTM/HT)**3
      VR=0.00007854*DAP**2*HT*(COEFA*RHR+(COEFB/2)*RHR2+(COEFC/3)*RHR3)
      GOTO 103
  102 VR=0
  103 RETURN
      END
C
C
C
C
C
      FUNCTION VL(DAP,HT,VAMR,ICASCA)
C
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              *********
C                                                                       *
C  CALCULA O VOLUME TOTAL  DA ARVORE INDIVIDUAL MEDIA EM CADA           *
C  CLASSE DE DIAMETRO COM RECURSO A UMA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO     *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                VARIAVEIS SIMPLES                    *********
C                                                                       *
C  DAP      DIAMETRO A ALTURA DE 1.30 METROS                            *
C                                                                       *
C  HT       ALTURA MEDIA PARA UMA DADA CLASSE DE DIAMETRO               *
C                                                                       *
C  ALTCOR   ALTURA DO CORTE. FAZ-SE AQUI IGUAL A 0.15 METROS MAS PODE   *
C           SER ALTERADO PELO UTILIZADOR.                               *
C                                                                       *
C  ALTL     ALTURA CORRESPONDENTE A DESPONTA A (DIAML).                 *
C                                                                       *
C  DIAML    DIAMETRO DE DESPONTA PARA VOLUME TOTAL. FAZ-SE AQUI IGUAL   *
C           A 0.0 CENTIMETROS MAS PODE SER MODIFICADO PELO UTILIZADOR.  *
C                                                                       *
C  VL       VOLUME TOTAL, EM M3, DE ALTCOR A ALTL                       *
C                                                                       *
C  COEFA   COEFICIENTE A DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC        *
C                                                                       *
C  COEFB   COEFICIENTE B DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC        *
C                                                                       *
C  COEFC   COEFICIENTE C DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC        *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C
C*********               BLOCO DE INICIALIZACAO              **********
C
      DIAML=0.0
      ALTCOR=0.15
C
C***********************************************************************
C
C*********                 BLOCO DE CALCULO                  **********
C
```

```
      COEFA=CALCA(DAP,HT,ICASCA)
      COEFB=-2*COEFA
      COEFC=COEFA
      ALTL=HTL(DAP,HT,COEFA,COEFB,COEFC,DIAML)
      RHL=ALTL/HT-ALTCOR/HT
      RHL2=(ALTL/HT)**2-(ALTCOR/HT)**2
      RHL3=(ALTL/HT)**3-(ALTCOR/HT)**3
      VL=0.00007854*DAP**2*HT*(COEFA*RHL+(COEFB/2)*RHL2+(COEFC/3)*RHL3)
      RETURN
      END
C
C
C
C
C
      FUNCTION HTM(DAP,HT,COEFA,COEFB,COEFC,DIAMM)
C                                                                       *
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              *********
C                                                                       *
C  CALCULA A ALTURA DO DIAMETRO DESPONTA PARA MADEIRA DA ARVORE INDI-   *
C  VIDUAL MEDIA EM CADA CLASSE DE DIAMETRO RECORRENDO A UMA EQUACAO     *
C  DE PERFIL DO TRONCO.                                                 *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                VARIAVEIS SIMPLES                    *********
C                                                                       *
C  DAP      DIAMETRO A ALTURA DE 1.30 METROS                            *
C                                                                       *
C  HT       ALTURA TOTAL MEDIA PARA UMA DADA CLASSE DE DIAMETRO         *
C                                                                       *
C  HTM      ALTURA CORRESPONDENTE A DESPONTA A (DIAMM).                 *
C                                                                       *
C  DIAMM    DIAMETRO DE DESPONTA PARA VOLUME DE MADEIRA. FAZ-SE AQUI    *
C           IGUAL A 20.0 CENTIMETROS MAS PODE SER MODIFICADO PELO       *
C           UTILIZADOR                                                  *
C                                                                       *
C  COEFA    COEFICIENTE A DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC       *
C                                                                       *
C  COEFB    COEFICIENTE B DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC       *
C                                                                       *
C  COEFC    COEFICIENTE C DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC       *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                BLOCO DE CALCULO                   **********
C                                                                       *
C                                                                       *
      QM=(COEFB*HT)**2-4*COEFC*(COEFA*HT**2-(DIAMM**2*HT**2)/DAP**2)
      HTM=(-COEFB*HT-SQRT(QM))/(2*COEFC)
      RETURN
      END
C
C
C
```

```
C
      FUNCTION HTR(DAP,HT,COEFA,COEFB,COEFC,DIAMR)
C
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              *********
C                                                                       *
C  CALCULA A ALTURA DO DIAMETRO DESPONTA PARA ROLARIA DA ARVORE INDI-   *
C  VIDUAL MEDIA EM CADA CLASSE DE DIAMETRO RECORRENDO A UMA EQUACAO     *
C  DE PERFIL DO TRONCO.                                                 *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                VARIAVEIS SIMPLES                    *********
C                                                                       *
C  DAP       DIAMETRO A ALTURA DE 1.30 METROS                           *
C                                                                       *
C  HT        ALTURA MEDIA PARA UMA DADA CLASSE DE DIAMETRO              *
C                                                                       *
C  DIAMR     DIAMETRO DE DESPONTA PARA VOLUME DE ROLARIA. FAZ-SE AQUI   *
C            7.0 CENTIMETROS MAS PODE SER MODIFICADO PELO UTILIZADOR.   *
C                                                                       *
C  HTR       ALTURA CORRESPONDENTE A DESPONTA A (DIAMR).                *
C                                                                       *
C  COEFA    COEFICIENTE A DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC       *
C                                                                       *
C  COEFB    COEFICIENTE B DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC       *
C                                                                       *
C  COEFC    COEFICIENTE C DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC       *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                 BLOCO DE CALCULO                  *********
C
C
      QM=(COEFB*HT)**2-4*COEFC*(COEFA*HT**2-(DIAMR**2*HT**2)/DAP**2)
      HTR=(-COEFB*HT-SQRT(QM))/(2*COEFC)
      END
C
C
C
C
C
      FUNCTION HTL(DAP,HT,COEFA,COEFB,COEFC,DIAML)
C
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              *********
C                                                                       *
C  CALCULA A ALTURA DO DIAMETRO DESPONTA PARA VOLUME TOTAL DA ARVORE    *
C  INDIVIDUAL MEDIA EM CADA CLASSE DE DIAMETRO RECORRENDO A UMA EQUA-   *
C  CAO DE PERFIL DO TRONCO.                                             *
C                                                                       *
C***********************************************************************
C                                                                       *
C*********                VARIAVEIS SIMPLES                    *********
C                                                                       *
C  DAP       DIAMETRO A ALTURA DE 1.30 METROS                           *
C                                                                       *
```

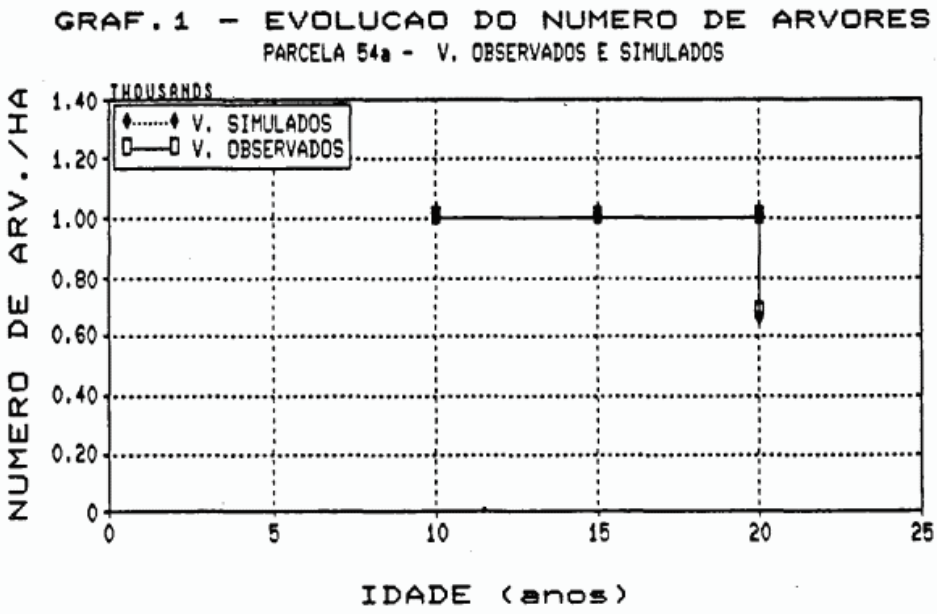
```
C  HT       ALTURA MEDIA PARA UMA DADA CLASSE DE DIAMETRO              *
C                                                                      *
C  HTL     ALTURA CORRESPONDENTE A DESPONTA A (DIAML).                *
C                                                                      *
C  DIAML    DIAMETRO DE DESPONTA PARA VOLUME TOTAL. FAZ-SE AQUI IGUAL  *
C           A 0.0 CENTIMETROS MAS PODE SER MODIFICADO PELO UTILIZADOR. *
C                                                                      *
C  COEFA   COEFICIENTE A DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC      *
C                                                                      *
C  COEFB   COEFICIENTE B DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC      *
C                                                                      *
C  COEFC   COEFICIENTE C DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC      *
C                                                                      *
C**********************************************************************
C                                                                      *
C*********                  BLOCO DE CALCULO                  **********
C
C
C
      IF(DIAML.EQ.0)GOTO 100
      QL=(COEFB*HT)**2-4*COEFC*(COEFA*HT**2-(DIAML**2*HT**2)/DAP**2)
      HTL=(-COEFB*HT-SQRT(QL))/(2*COEFC)
      GOTO 101
  100 HTL=HT
  101 RETURN
      END
C
C
C
C
C
C
      FUNCTION CALCA(DAP,HT,ICASCA)
C
C*********              IDENTIFICACAO DO PROGRAMA              *********
C                                                                      *
C  CALCULA O COEFICIENTE A DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC    *
C  COMO FUNCAO DO DAP E DA HT COM E SEM CASCA                         *
C                                                                      *
C**********************************************************************
C                                                                      *
C*********                 VARIAVEIS SIMPLES                  *********
C                                                                      *
C  DAP      DIAMETRO A ALTURA DE 1.30 METROS                          *
C                                                                      *
C  HT       ALTURA MEDIA PARA UMA DADA CLASSE DE DIAMETRO             *
C                                                                      *
C  CALCA   COEFICIENTE A DA EQUACAO DE PERFIL DO TRONCO DE KOZAC      *
C                                                                      *
C**********************************************************************
C                                                                      *
C*********                  BLOCO DE CALCULO                  **********
C
      IF(ICASCA.EQ.0.0)GOTO 100
      CALCA=1.0080*EXP(0.94/HT+3.79/DAP)
```

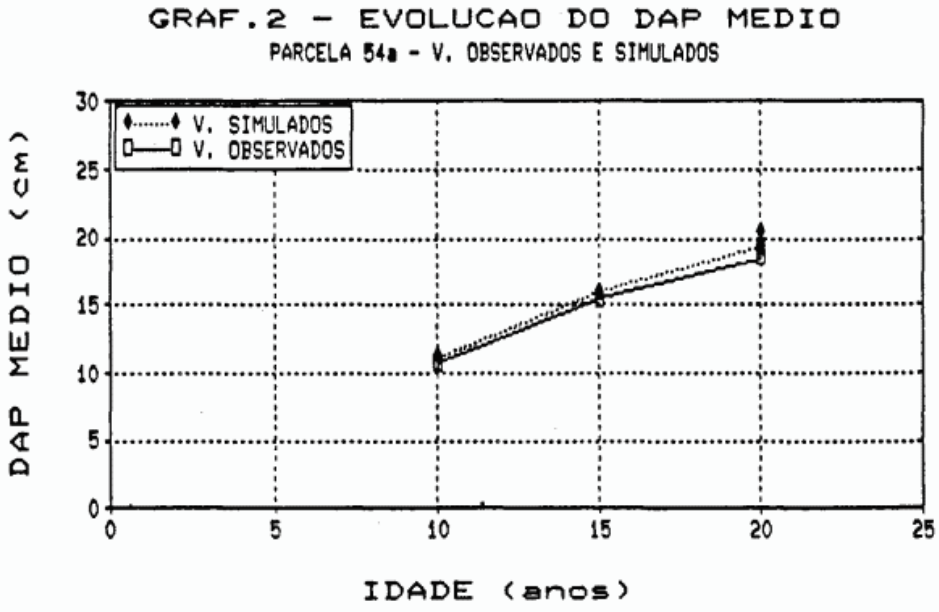
```
      GOTO 101
  100 X1=0.0573*HT+0.00455*DAP
      CALCA=3.08022*HT**(-0.718)*DAP**(-0.194)*EXP(X1)
  101 RETURN
      END
C
C
C***********************************************************************
C***********************************************************************
```

Anexo III

Validação do modelo. Gráficos.

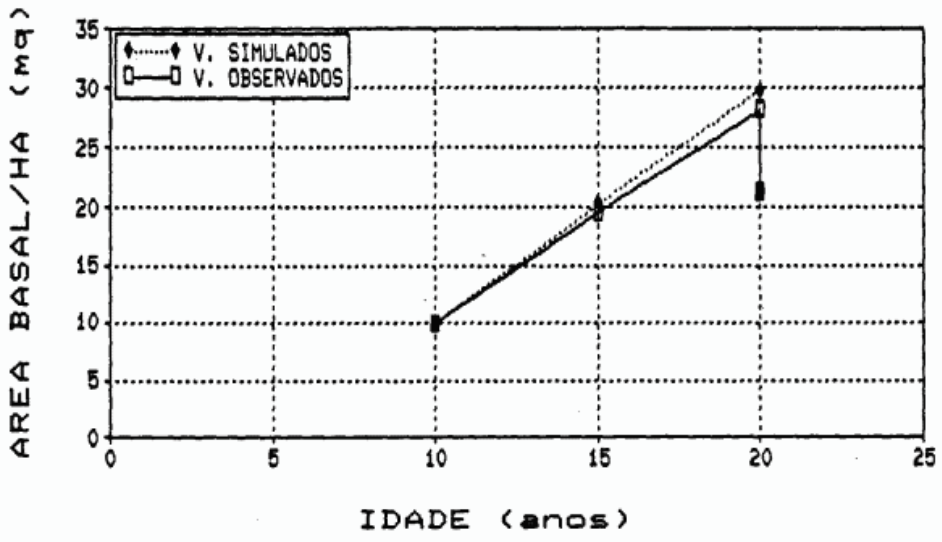
III.1 POVOAMENTO 54a.





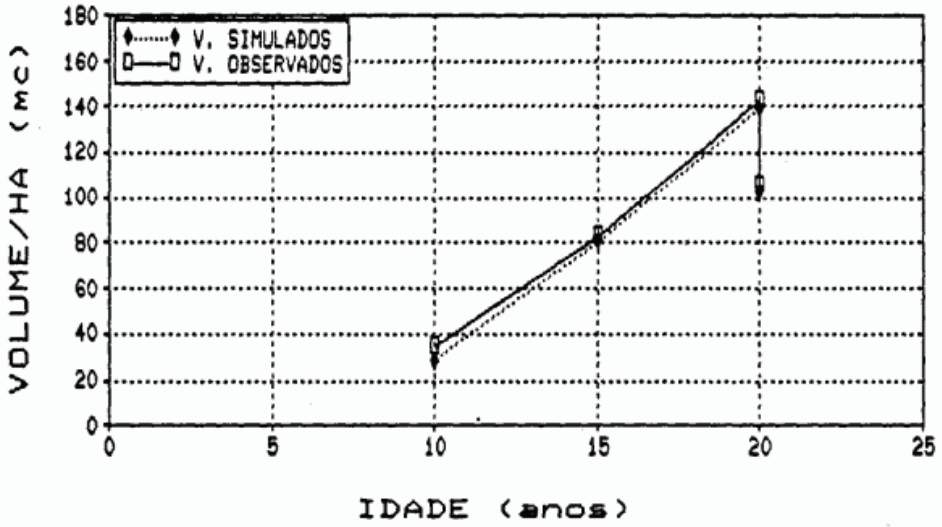
GRAF.3 - EVOLUCAO DA AREA BASAL

PARCELA 54a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



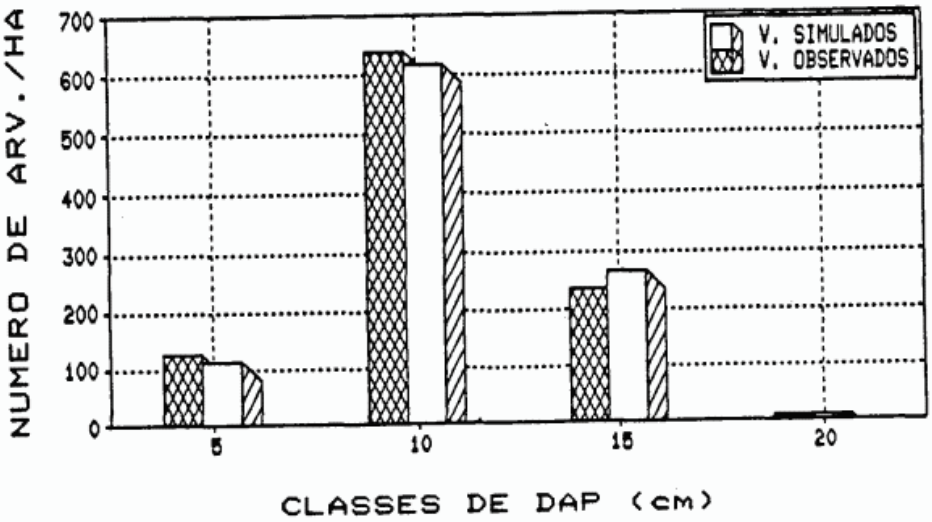
GRAF.4 - EVOLUCAO DO VOLUME

PARCELA 54a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



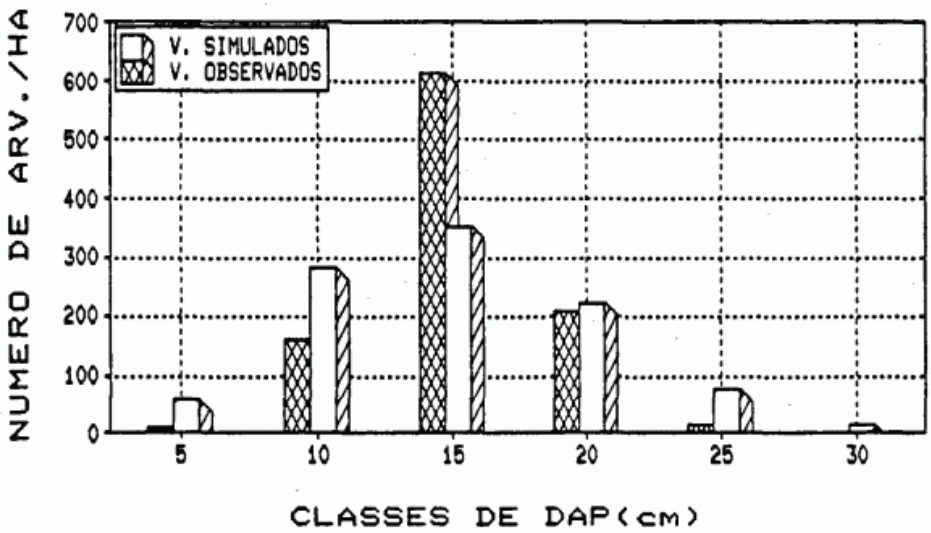
GRAF.5 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 54a (10 ANOS)



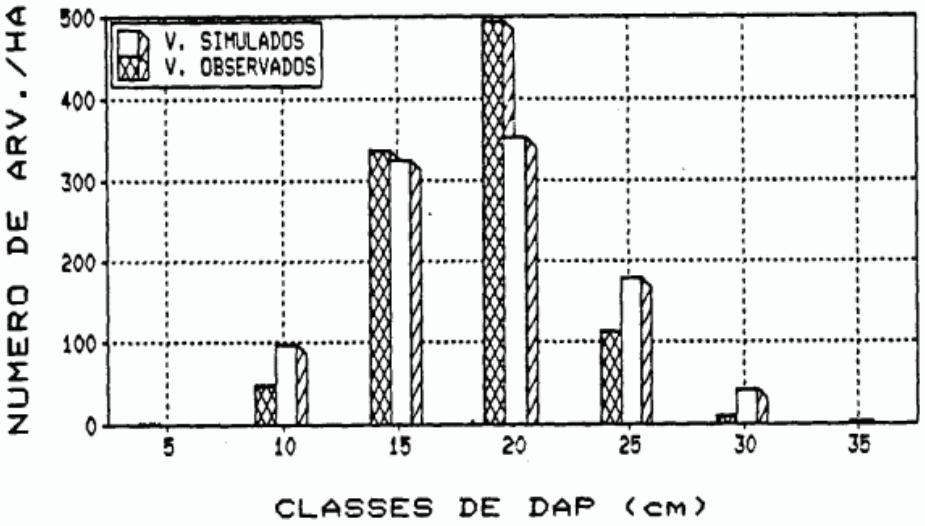
GRAF.6 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 54a (15 ANOS)



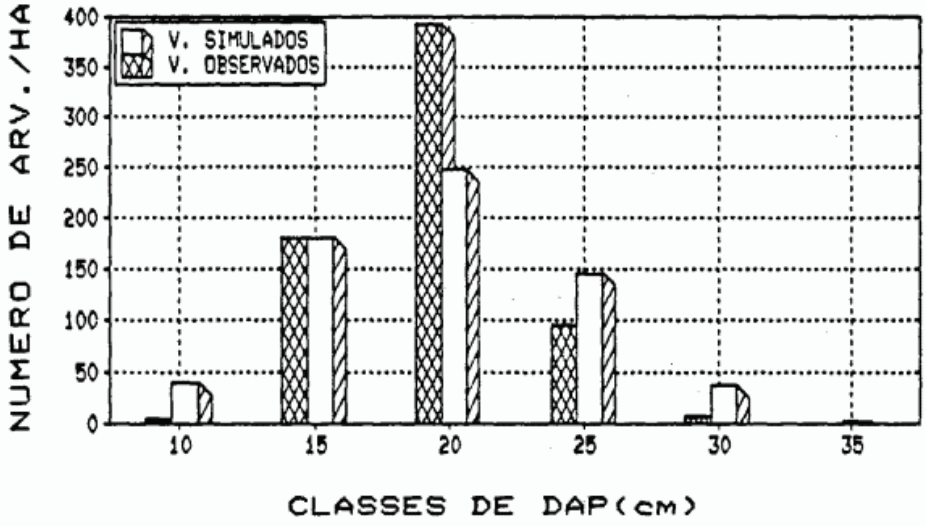
GRAF.7 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 54a (20 ANOS)



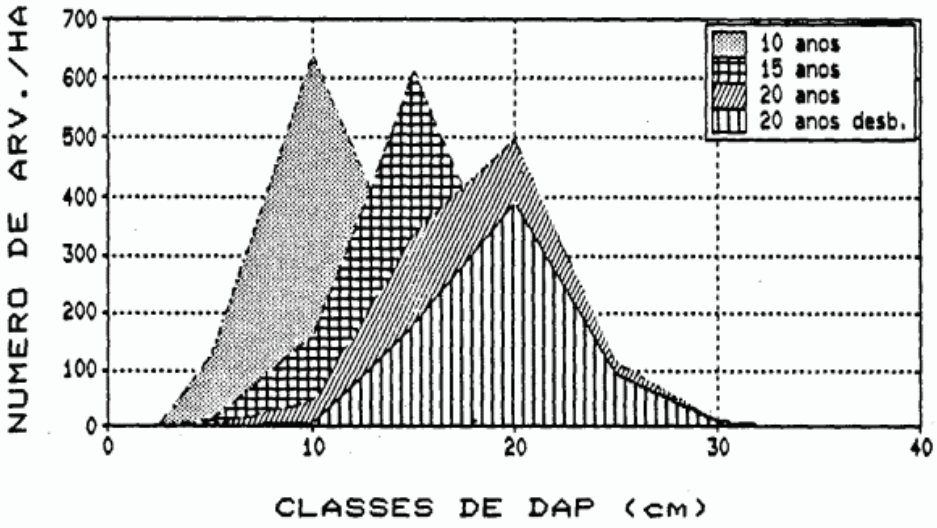
GRAF.8 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 54a (20 ANOS APOS DESBASTE)



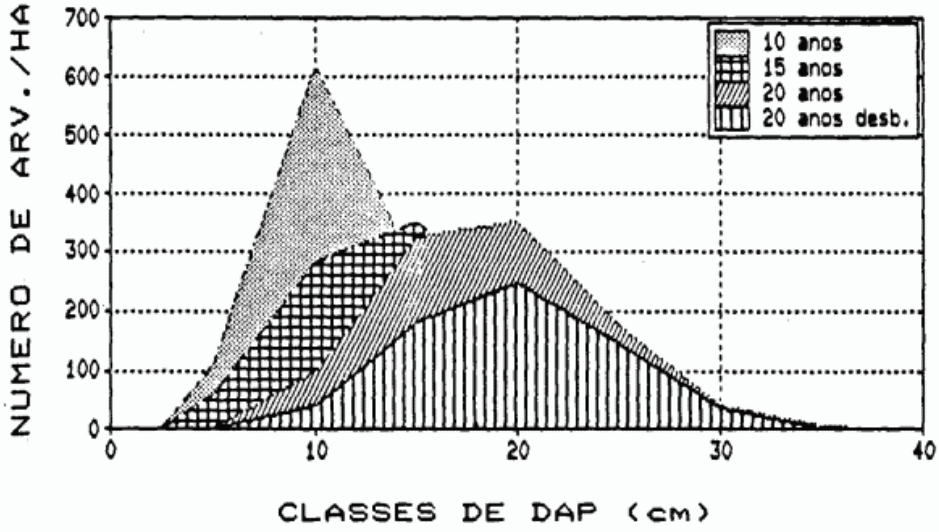
GRAF.9 - EVOLUCAO DA ESTRUTURA

PARCELA 54a - VALORES OBSERVADOS



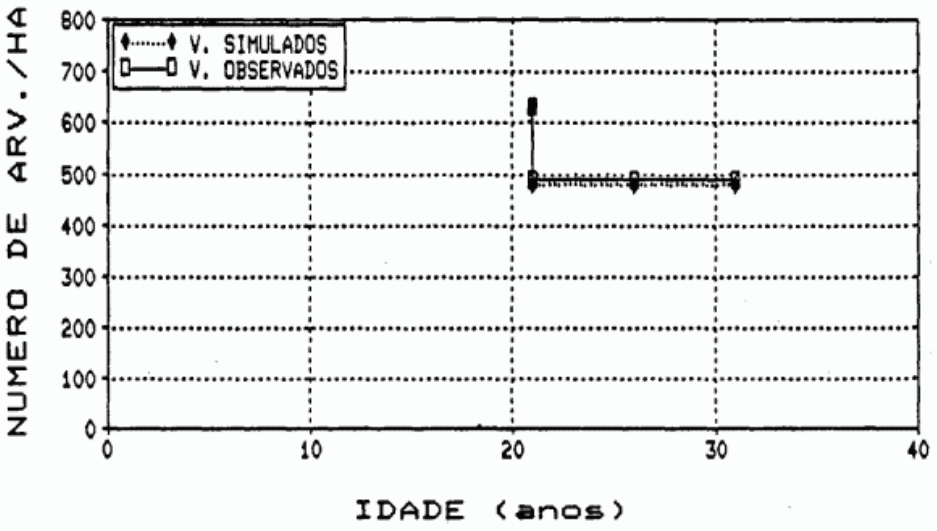
GRAF.10 - EVOLUCAO DA ESTRUTURA

PARCELA 54a - VALORES SIMULADOS

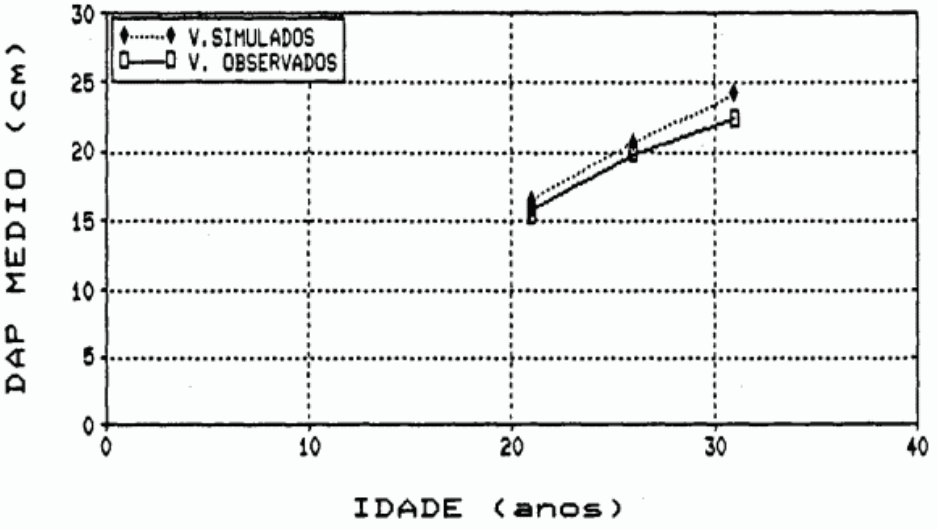


III.2 POVOAMENTO 58a.

GRAF.11 - EVOLUCAO DO NUMERO DE ARVORES
PARCELA 58a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS

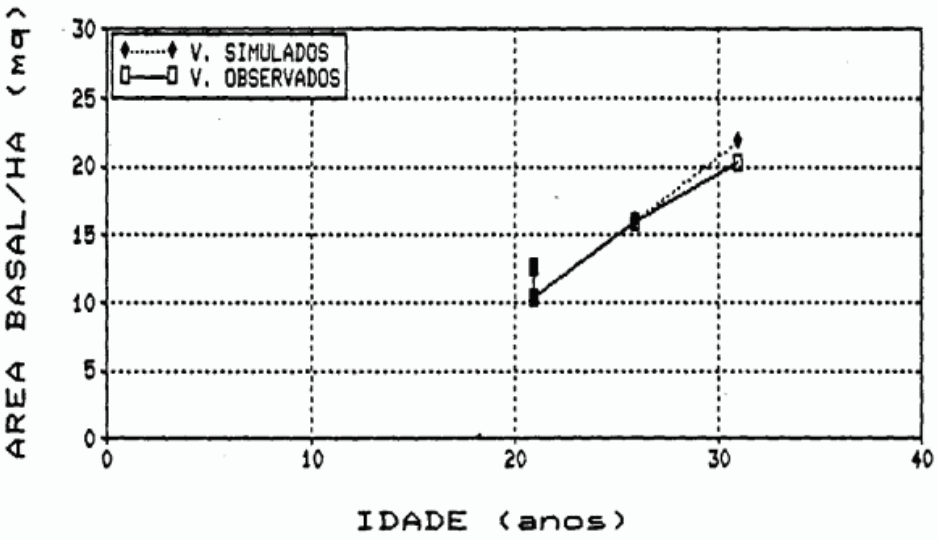


GRAF.12 - EVOLUCAO DO DAP MEDIO
PARCELA 58a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



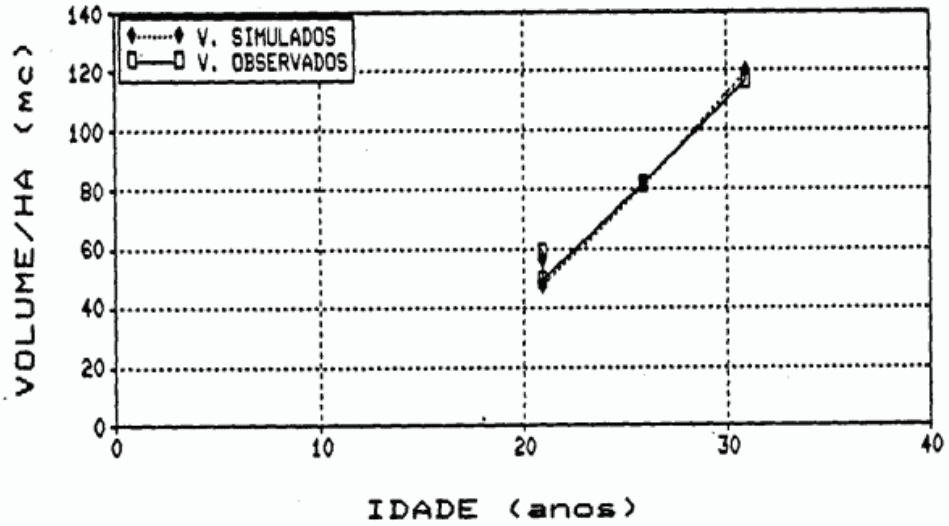
GRAF.13 - EVOLUCAO DA AREA BASAL

PARCELA 58a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



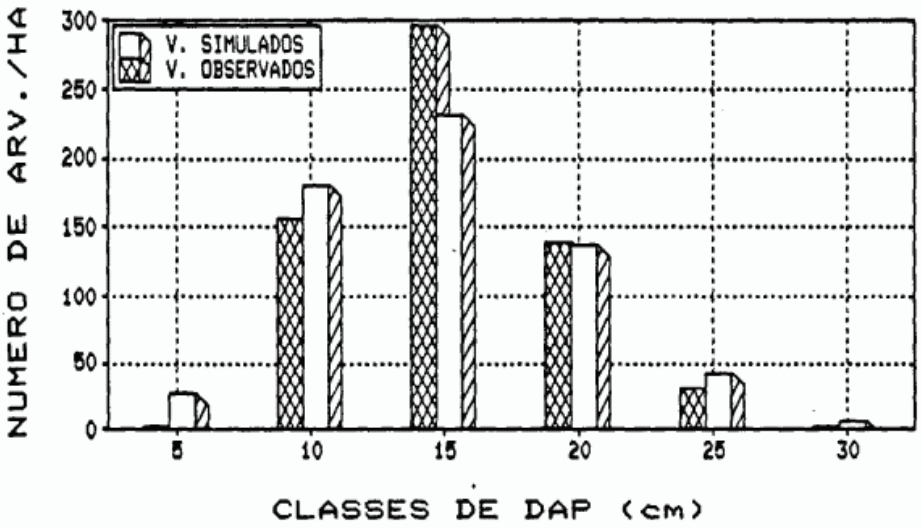
GRAF.14 - EVOLUCAO DO VOLUME

PARCELA 58a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



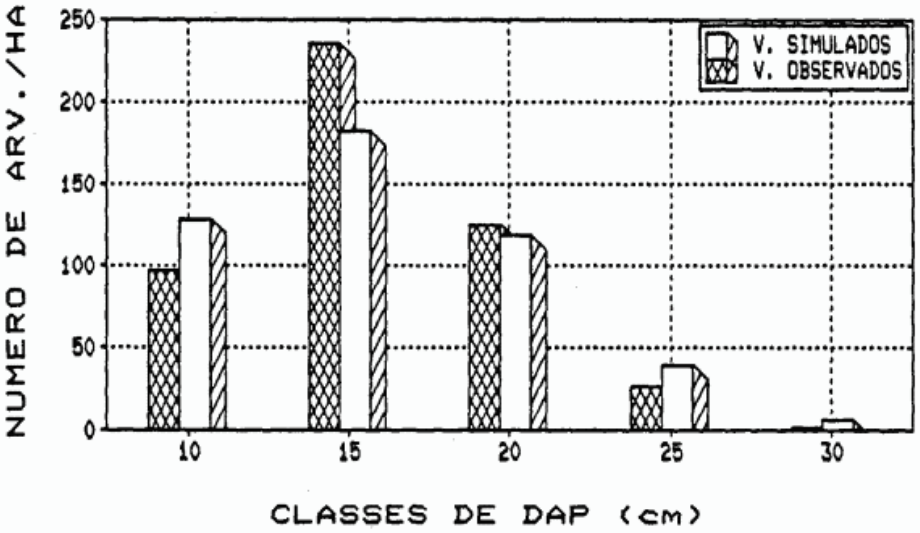
GRAF.15 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 58a (21 ANOS)



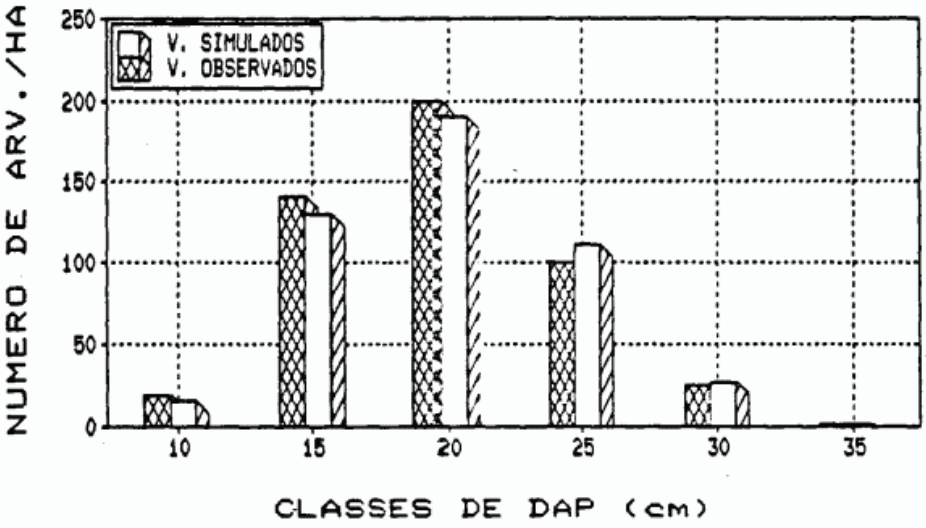
GRAF.16 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 58a (21 ANOS APOS DESBASTE)



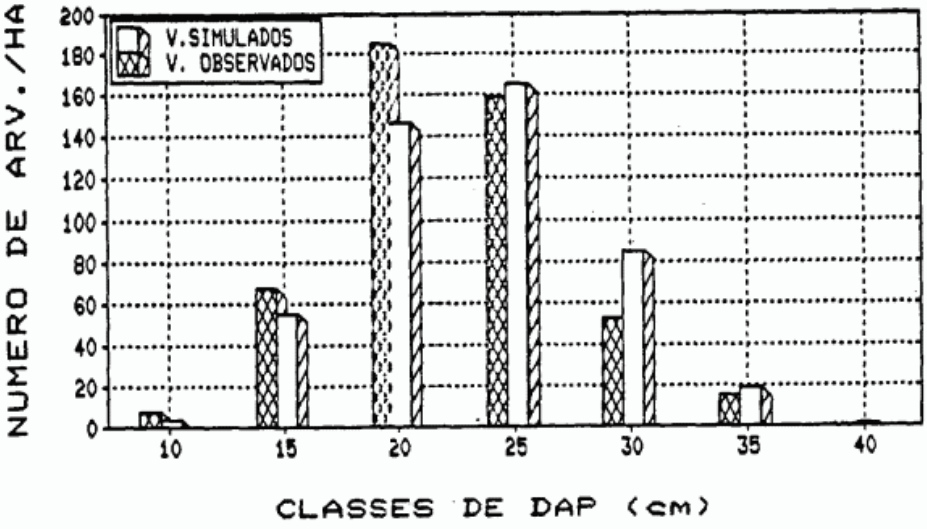
GRAF.17 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 58a (26 ANOS)

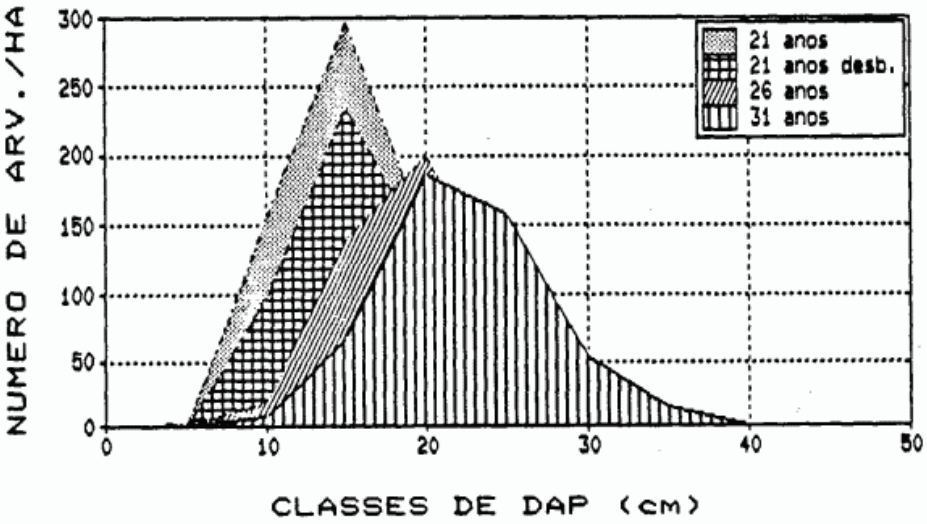


GRAF.18 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

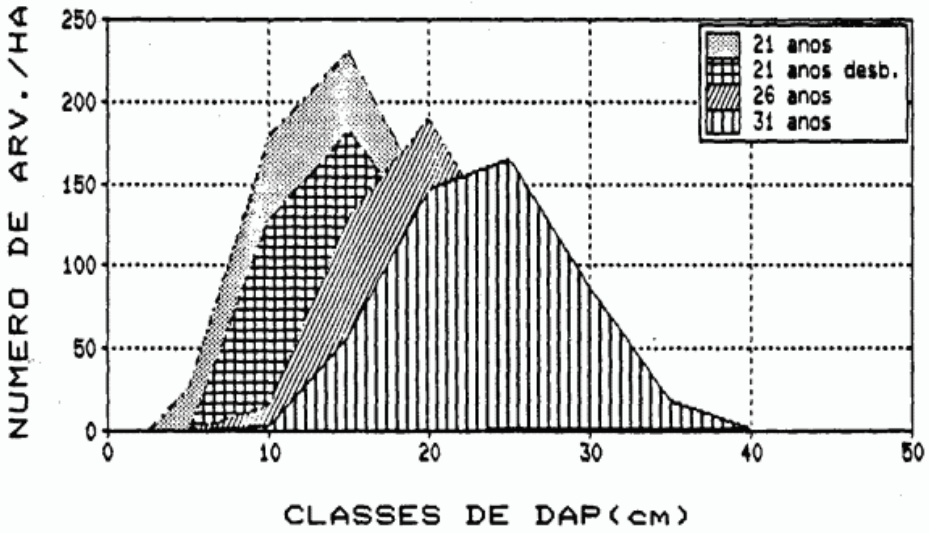
PARCELA 58a (31 ANOS)



GRAF. 19 - EVOLUCAO DA ESTRUTURA
PARCELA 58a - VALORES OBSERVADOS

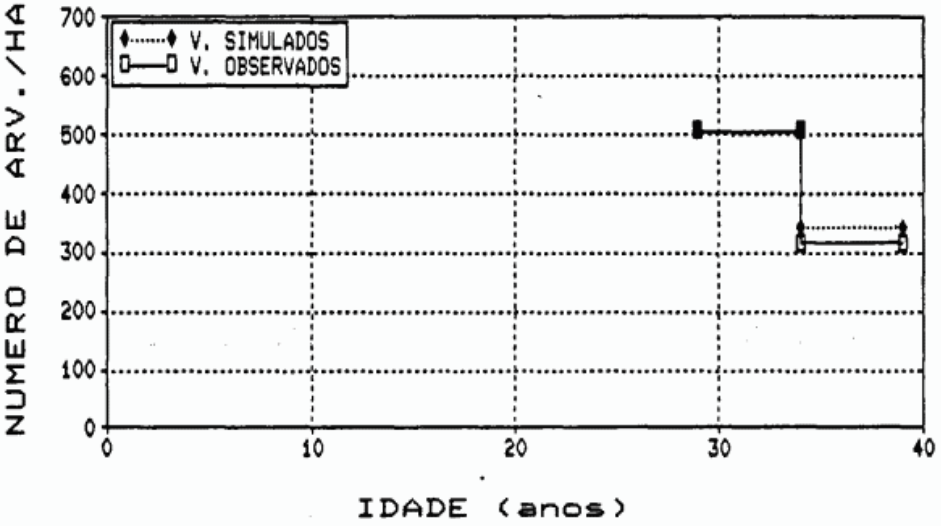


GRAF. 20 - EVOLUCAO DA ESTRUTURA
PARCELA 58a - VALORES SIMULADOS

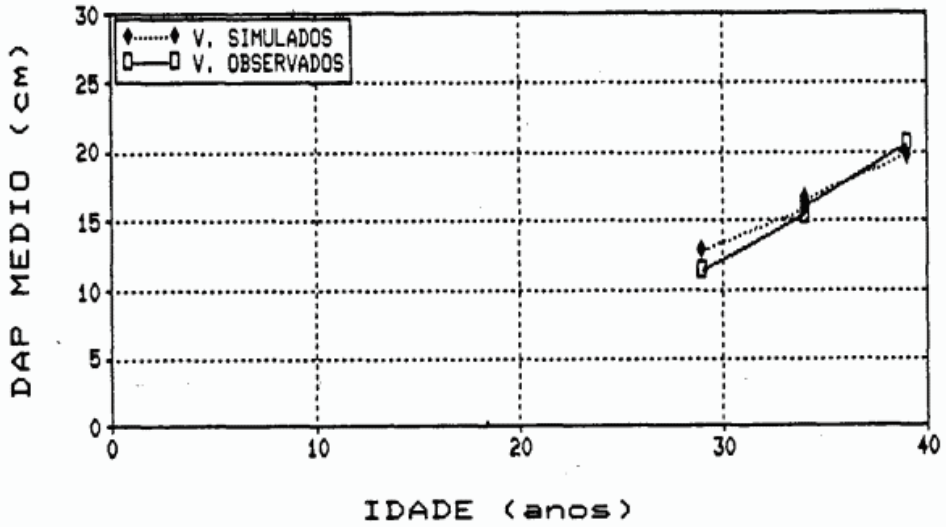


III.3 POVOAMENTO 78a.

GRAF.21 - EVOLUCAO DO NUMERO DE ARVORES
PARCELA 78a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS

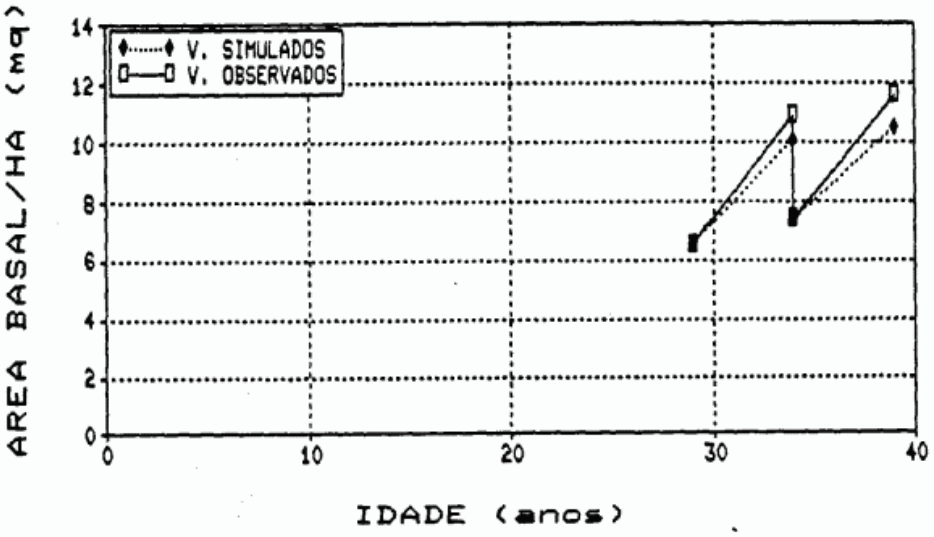


GRAF.22 - EVOLUCAO DO DAP MEDIO
PARCELA 78a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



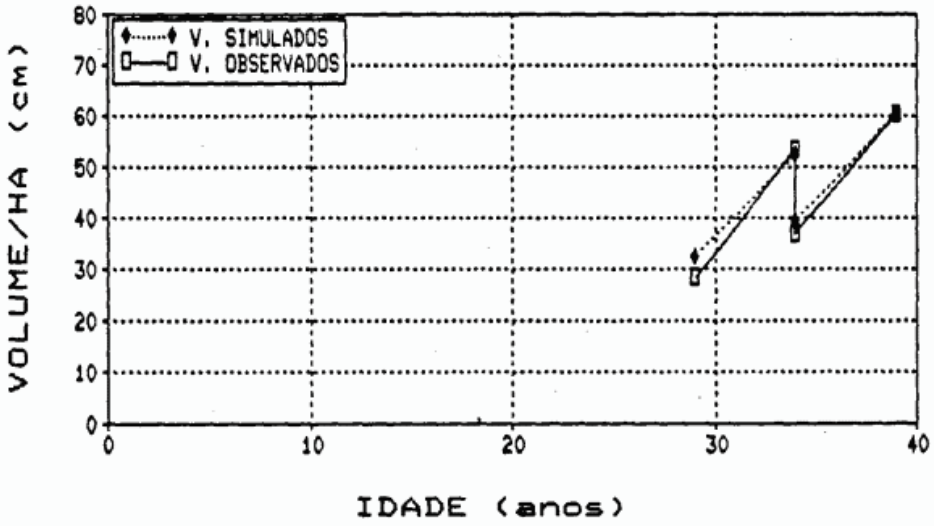
GRAF.23 - EVOLUCAO DA AREA BASAL

PARCELA 78a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



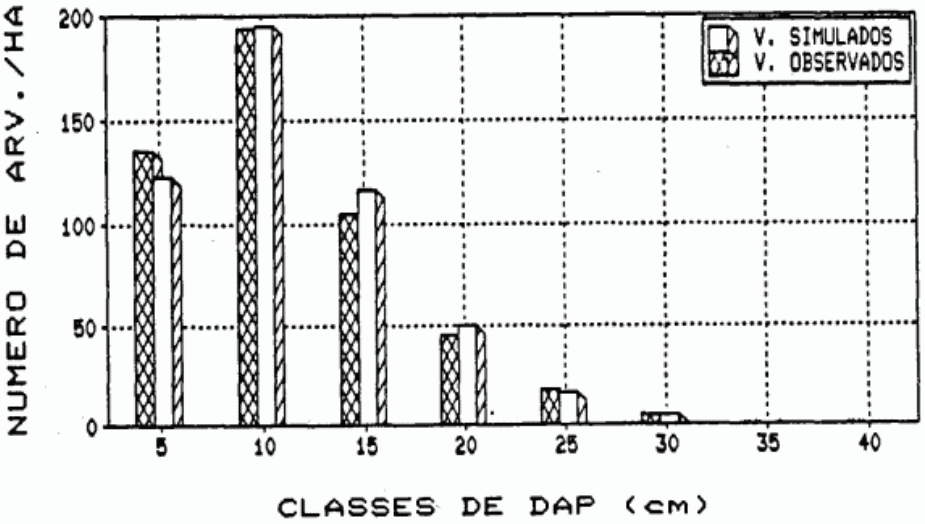
GRAF.24 - EVOLUCAO DO VOLUME

PARCELA 78a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



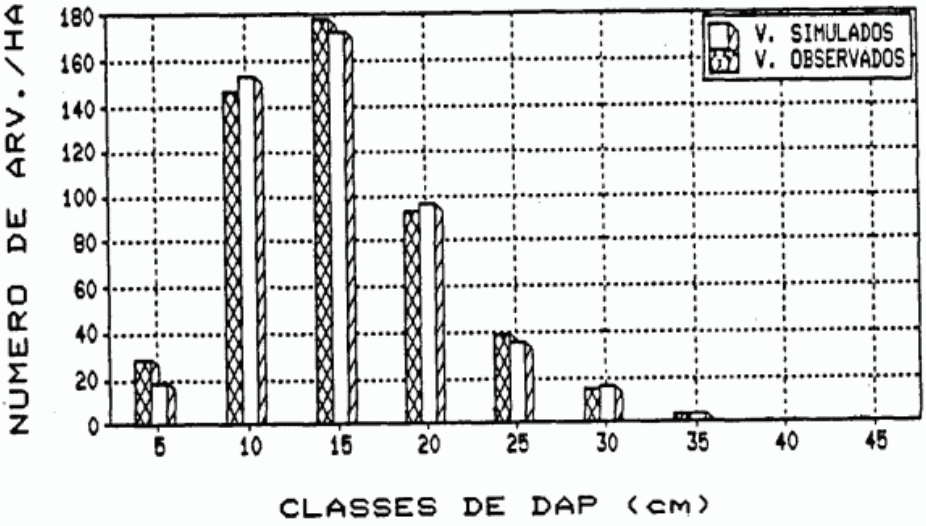
GRAF.25 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 78a (29 ANOS)



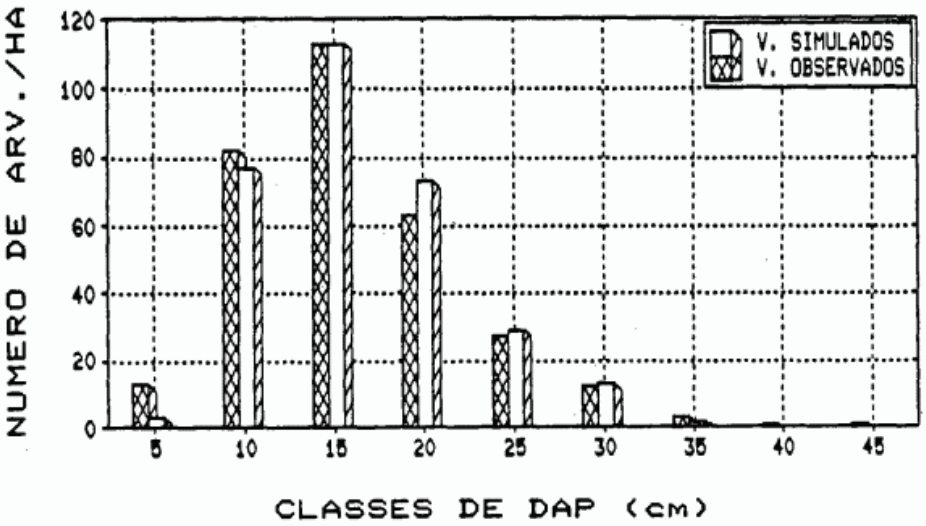
GRAF.26 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 78a (34 ANOS)



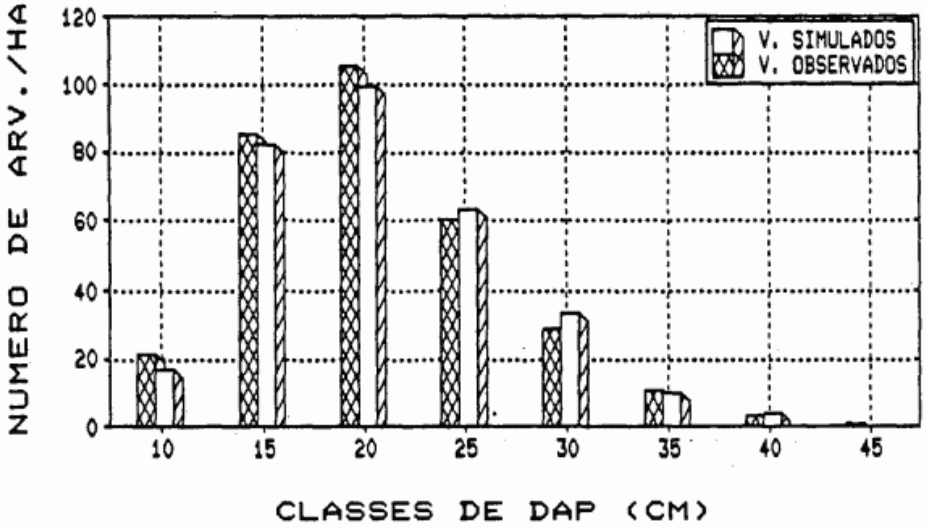
GRAF.27 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 78a (34 ANOS APOS DESBASTE)



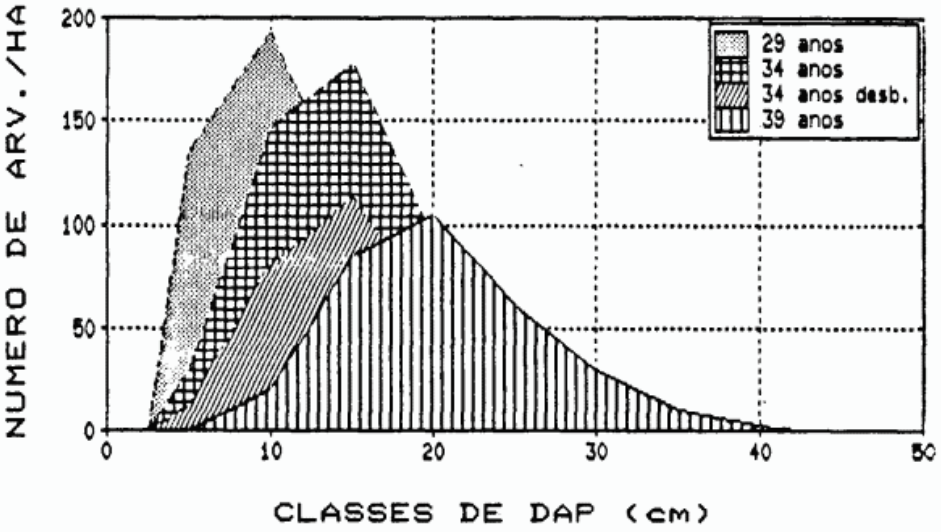
GRAF.28 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 78a (39 ANOS)



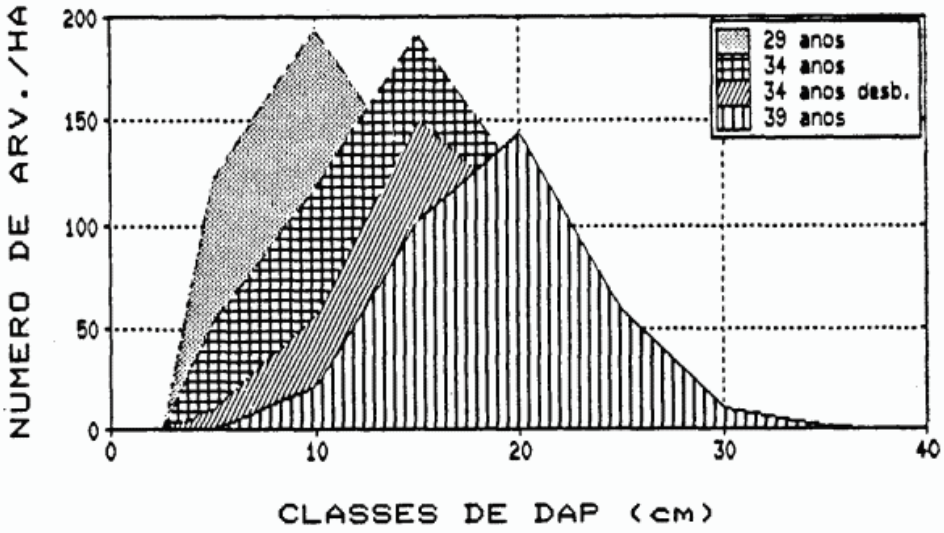
GRAF.29 - EVOLUCAO DA ESTRUTURA

PARCELA 78a -VALORES OBSERVADOS



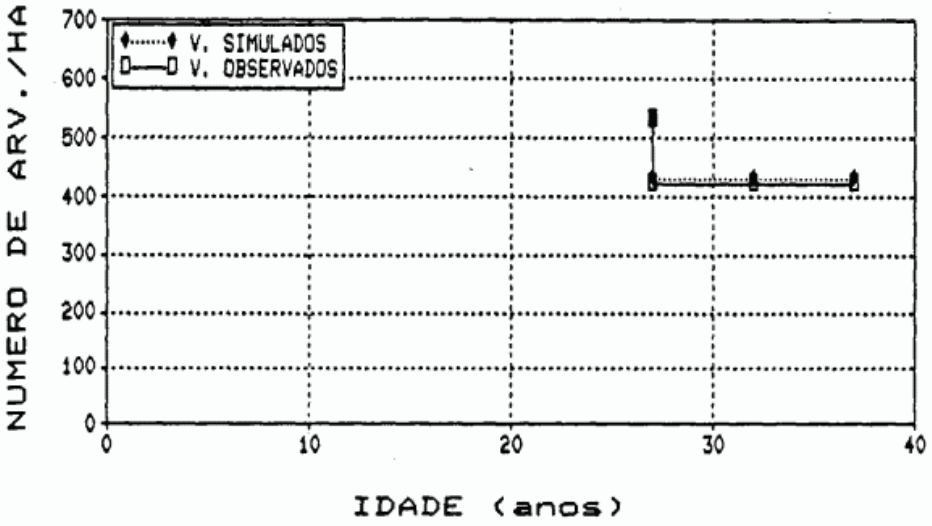
GRAF.30 - EVOLUCAO DA ESTRUTURA

PARCELA 78a - VALORES SIMULADOS

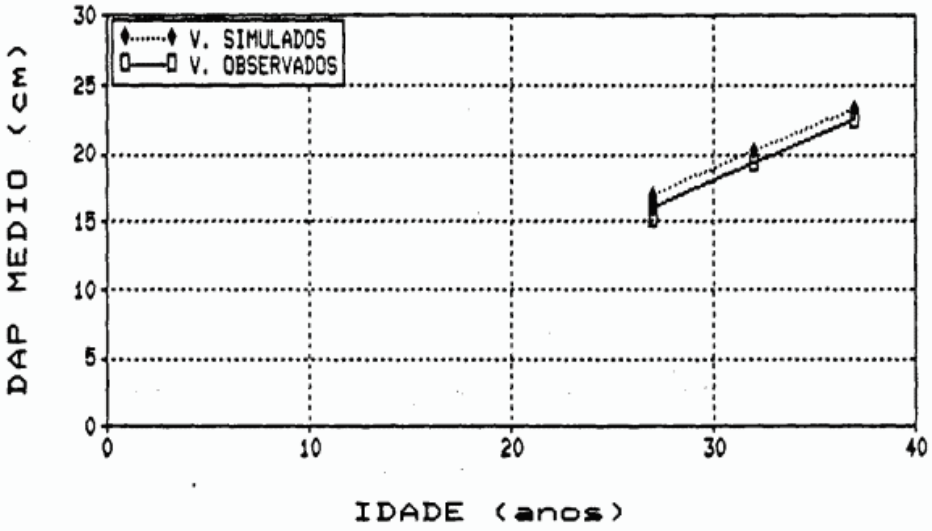


III.4 POVOAMENTO 13a.

GRAF.31 - EVOLUCAO DO NUMERO DE ARVORES
PARCELA 13a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS

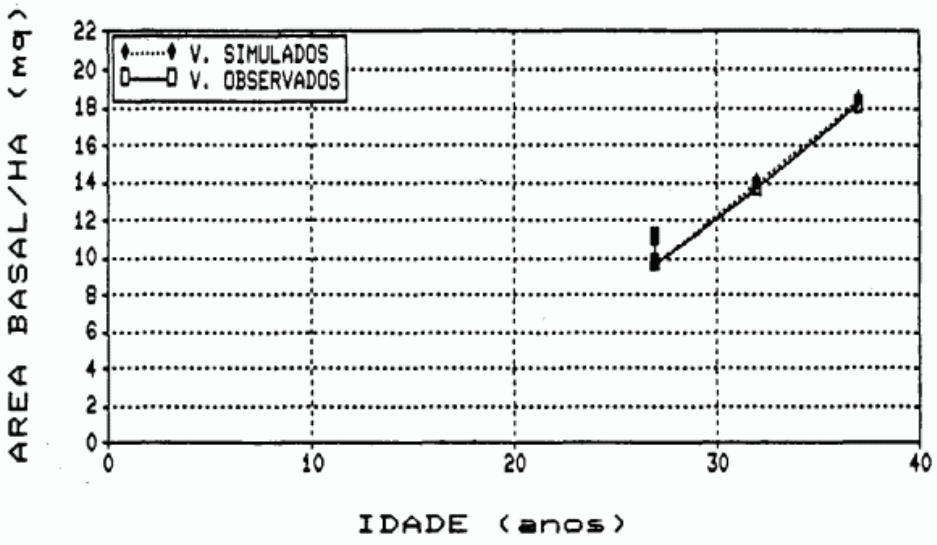


GRAF.32 - EVOLUCAO DO DAP MEDIO
PARCELA 13a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



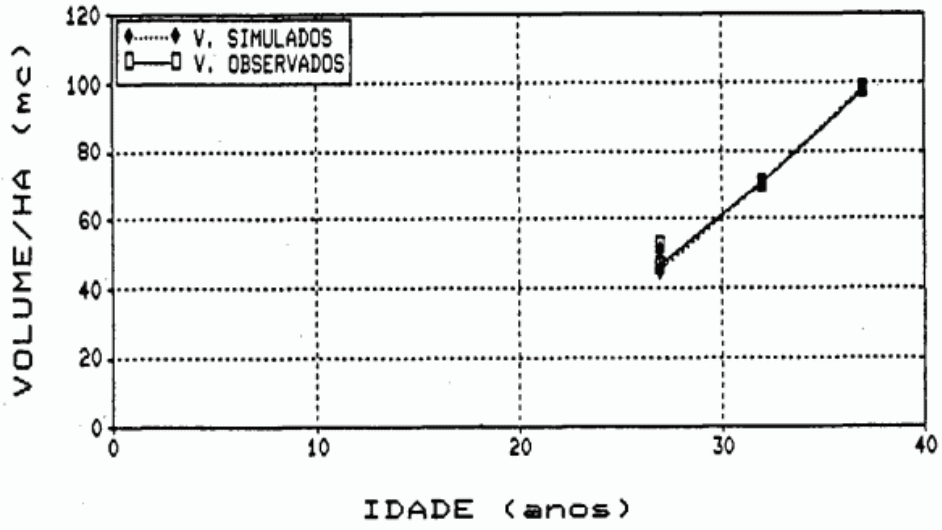
GRAF.33 - EVOLUCAO DA AREA BASAL

PARCELA 13a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



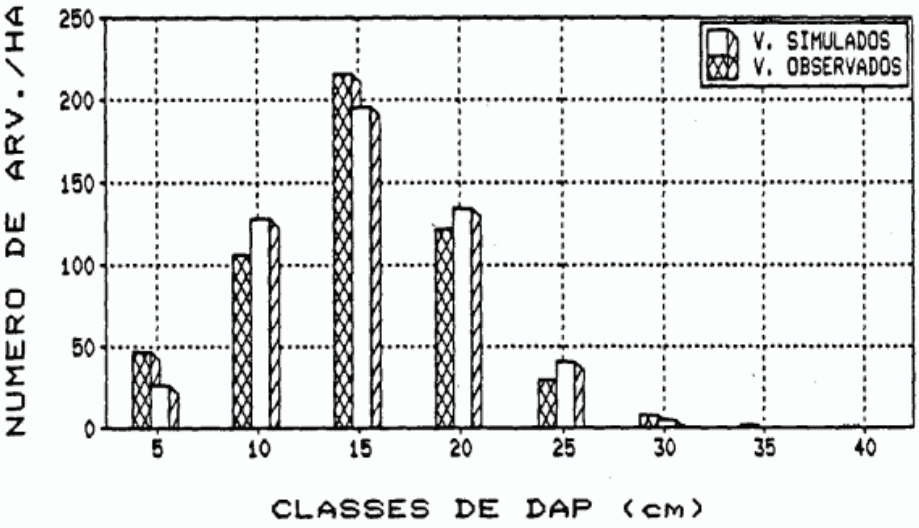
GRAF.34 - EVOLUCAO DO VOLUME

PARCELA 13a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



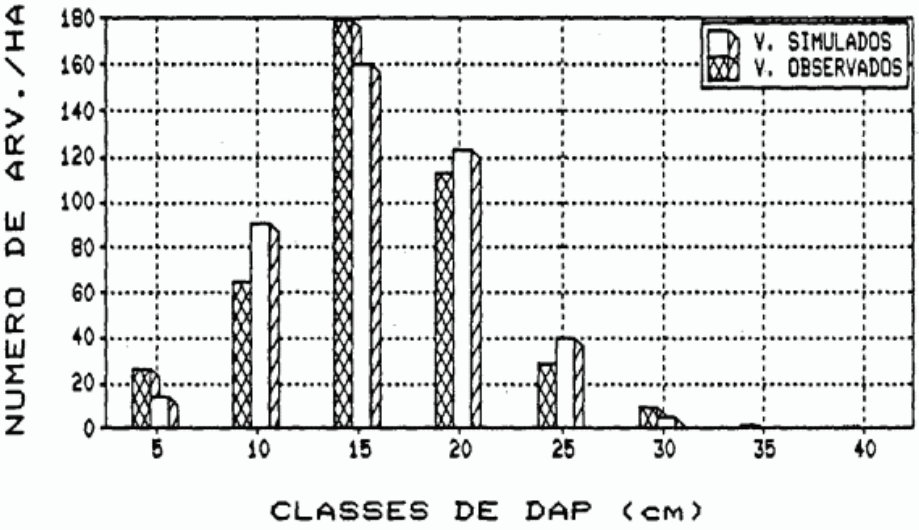
GRAF.35 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 13a (27 ANOS)



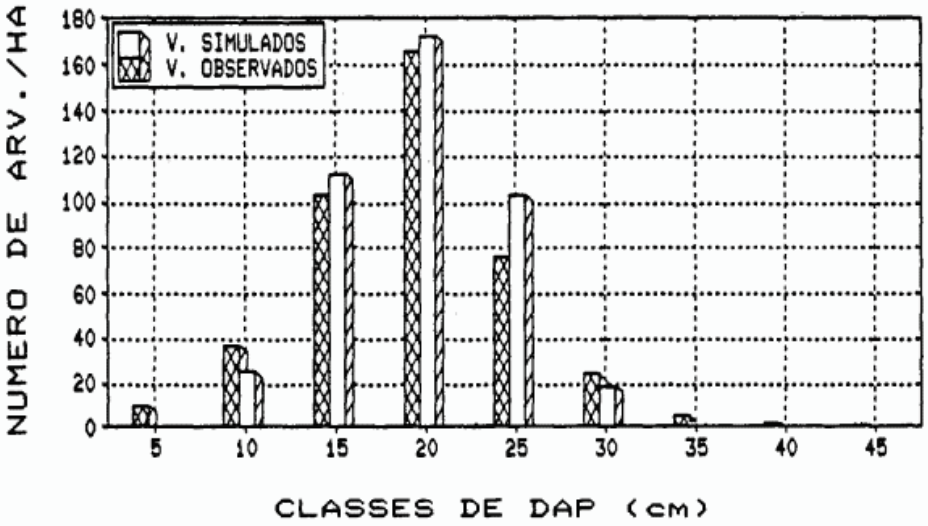
GRAF.36 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 13a (27 ANOS APOS DESBASTE)



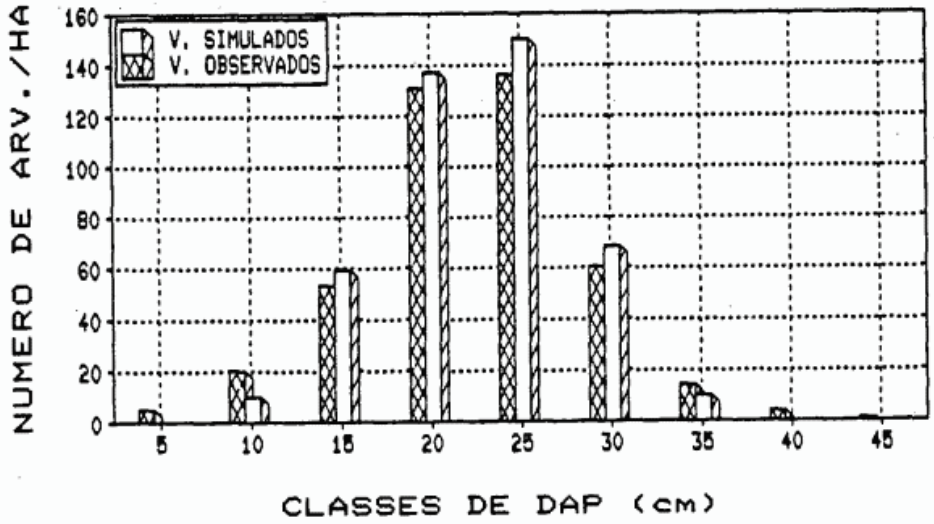
GRAF.37 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 13a (32 ANOS)

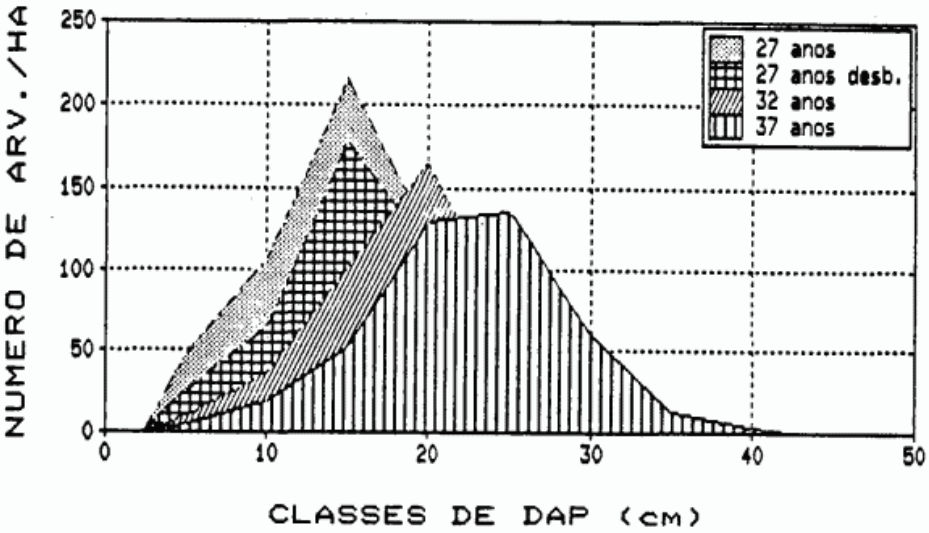


GRAF.38 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

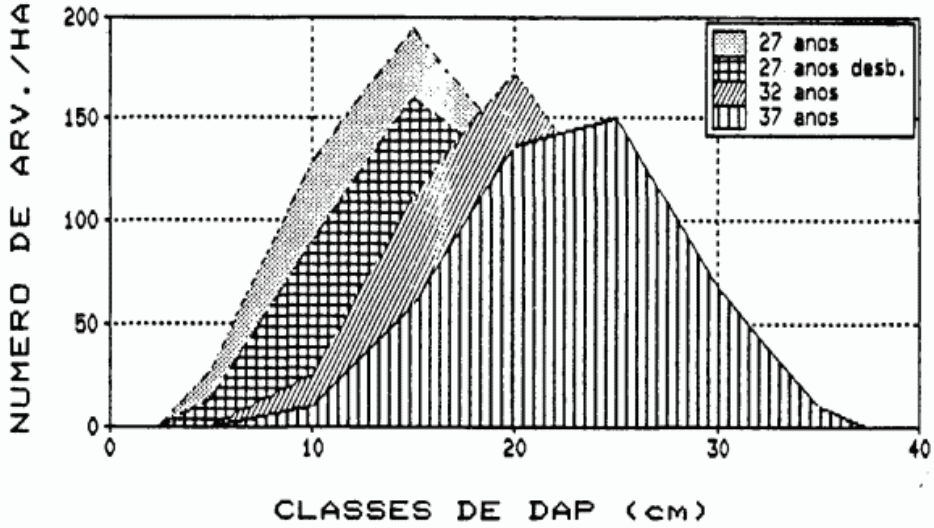
PARCELA 13a (37 ANOS)



GRAF.39 - EVOLUCAO DA ESTRUTURA
PARCELA 13a - VALORES OBSERVADOS

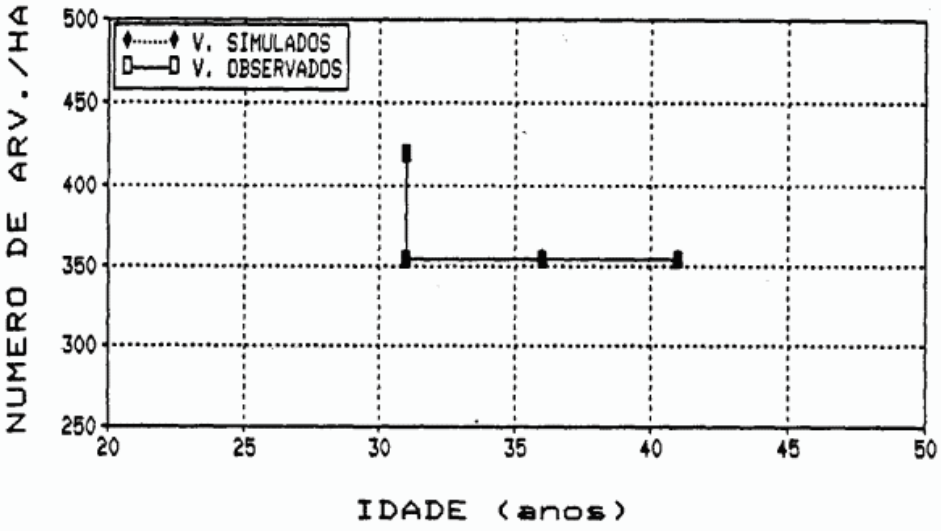


GRAF.40 - EVOLUCAO DA ESTRUTURA
PARCELA 13a - VALORES SIMULADOS

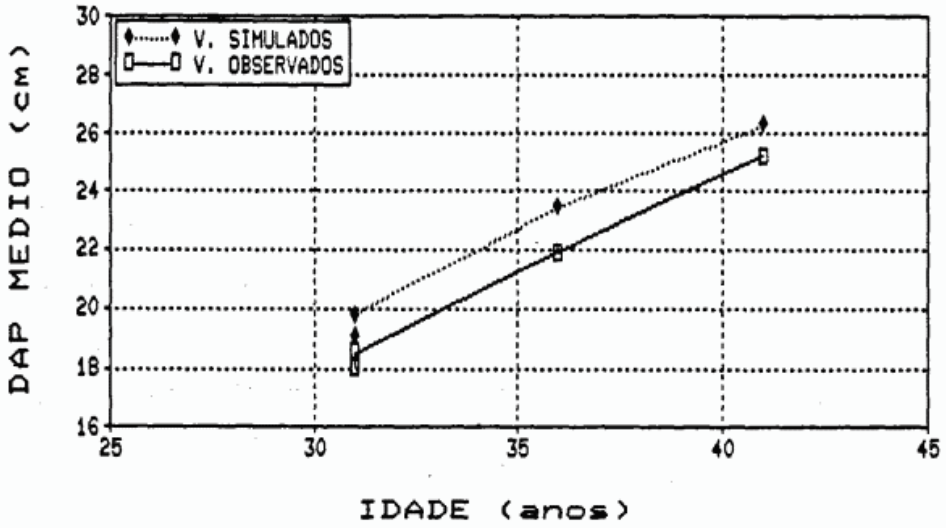


III.5 POVOAMENTO 12a.

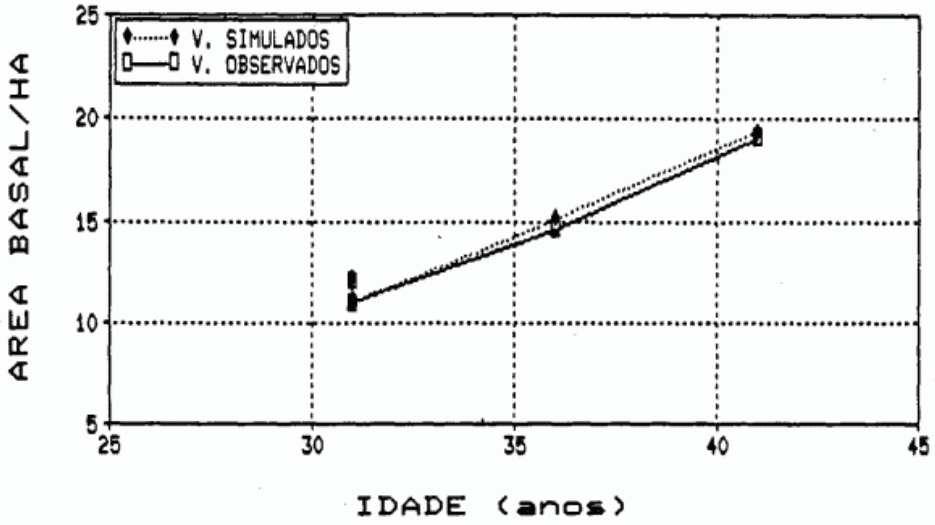
GRAF.41 - EVOLUCAO DO NUMERO DE ARVORES
PARCELA 12a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



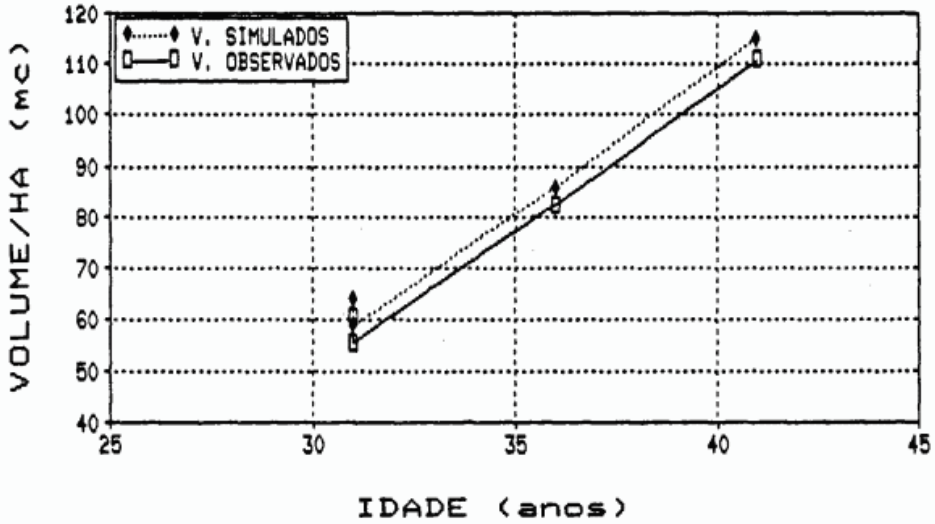
GRAF.42 - EVOLUCAO DO DAP MEDIO
PARCELA 12a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



GRAF.43 - EVOLUCAO DA AREA BASAL
PARCELA 12a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS

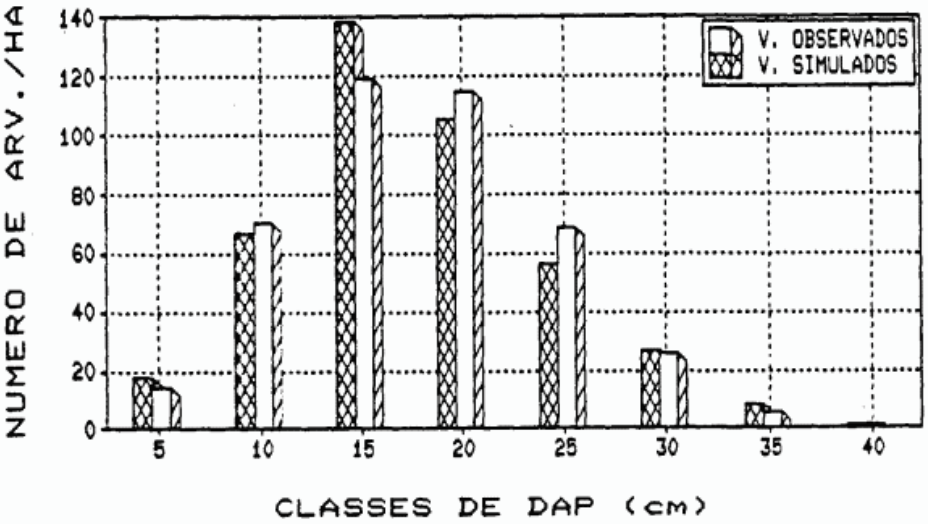


GRAF.44 - EVOLUCAO DO VOLUME
PARCELA 12a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



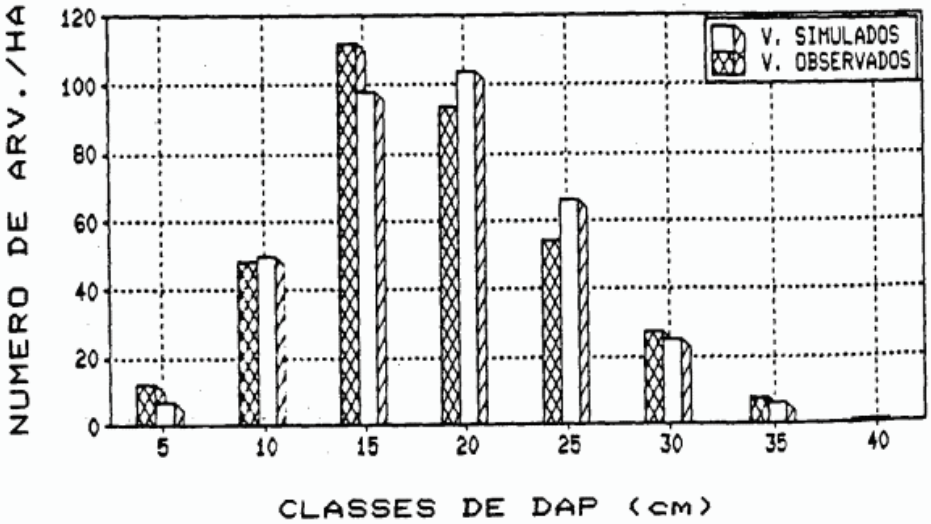
GRAF.45 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 12a (31 ANOS)



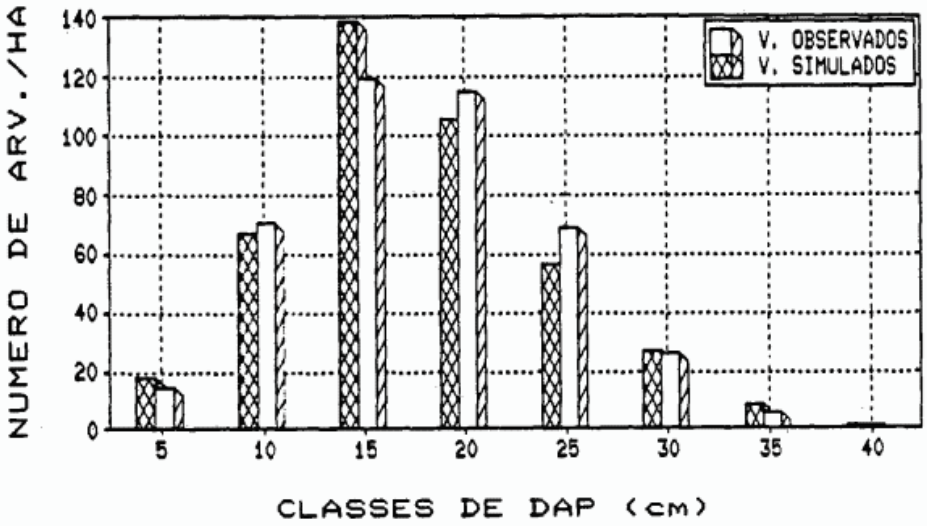
GRAF.46 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 12a (31 ANOS APOS DESBASTE)



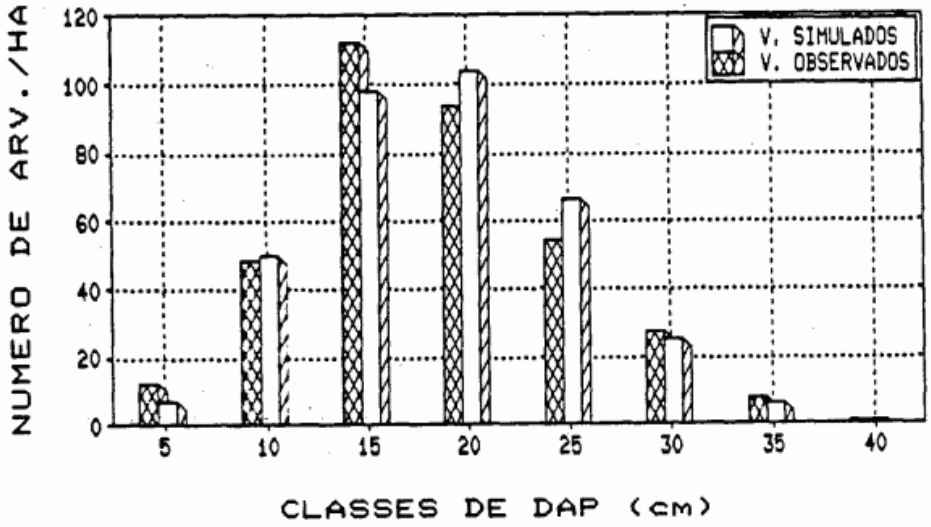
GRAF.45 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 12a (31 ANOS)



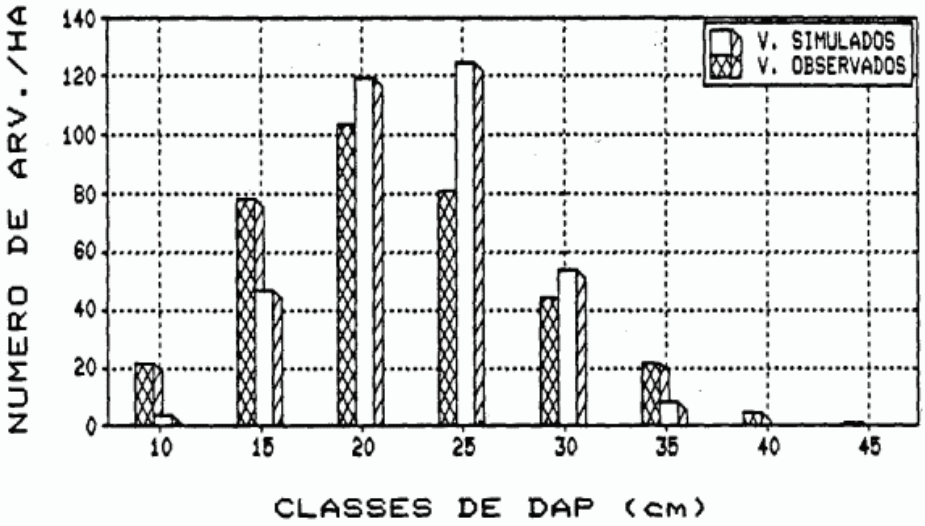
GRAF.46 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 12a (31 ANOS APOS DESBASTE)



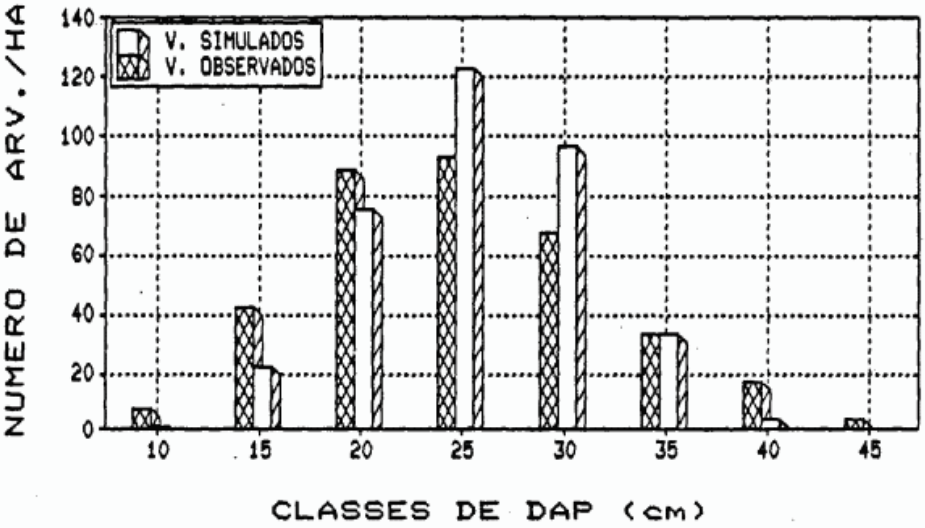
GRAF.47 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 12a (36 ANOS)



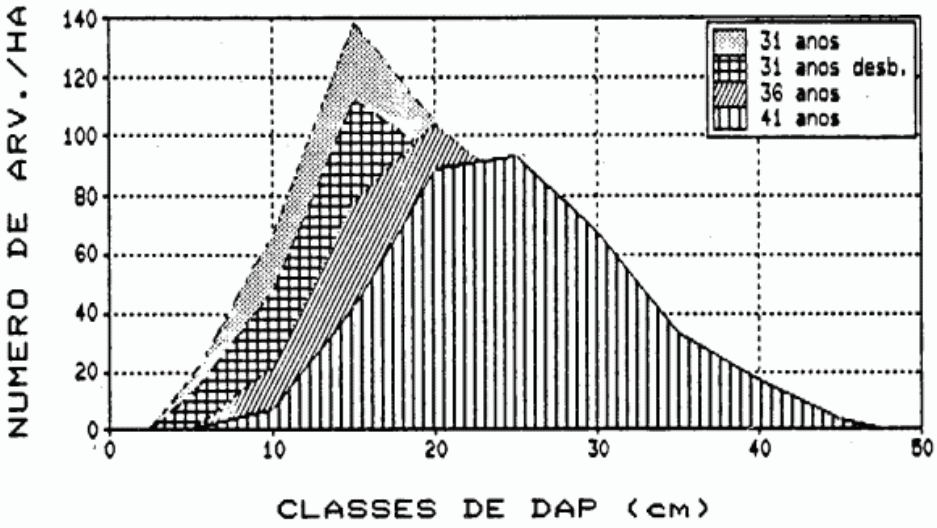
GRAF.48 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 12a (41 ANOS)



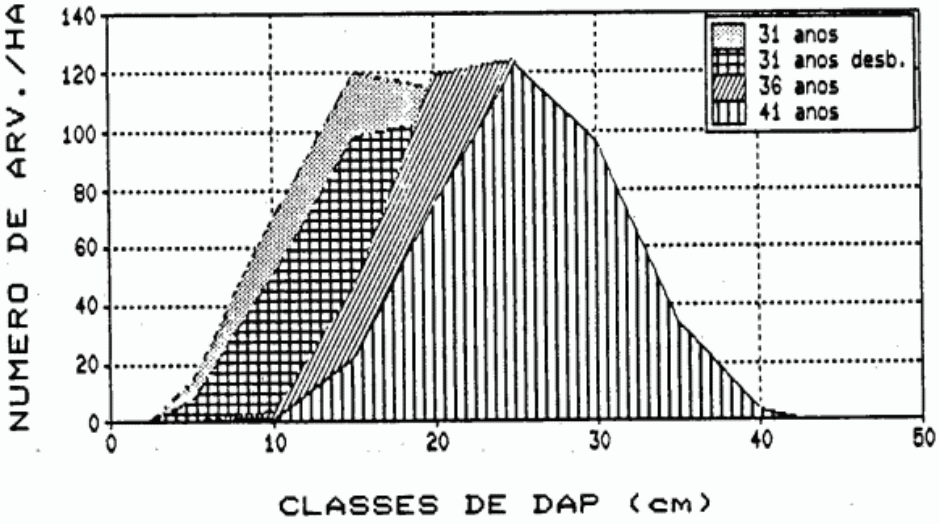
GRAF.49 - EVOLUCAO DA ESTRUTURA

PARCELA 12a - VALORES OBSERVADOS



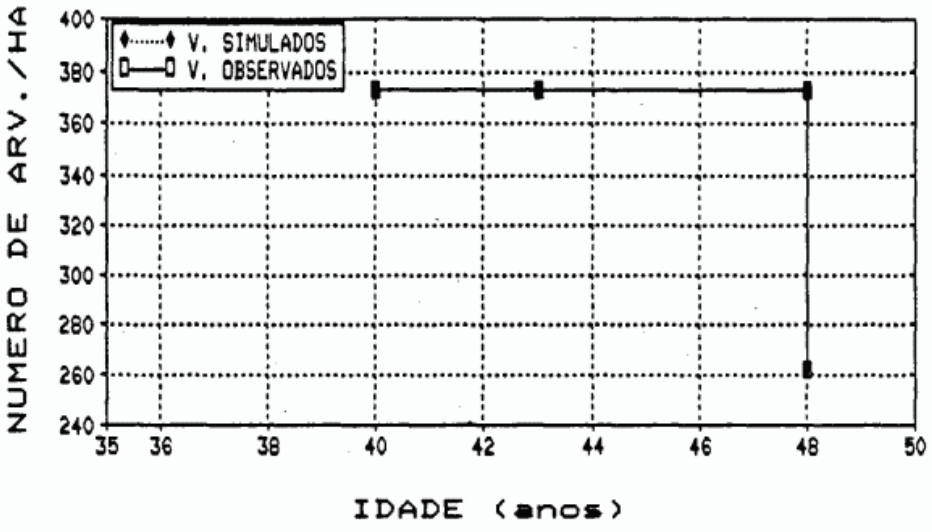
GRAF.50 - EVOLUCAO DA ESTRUTURA

PARCELA 12a - VALORES SIMULADOS

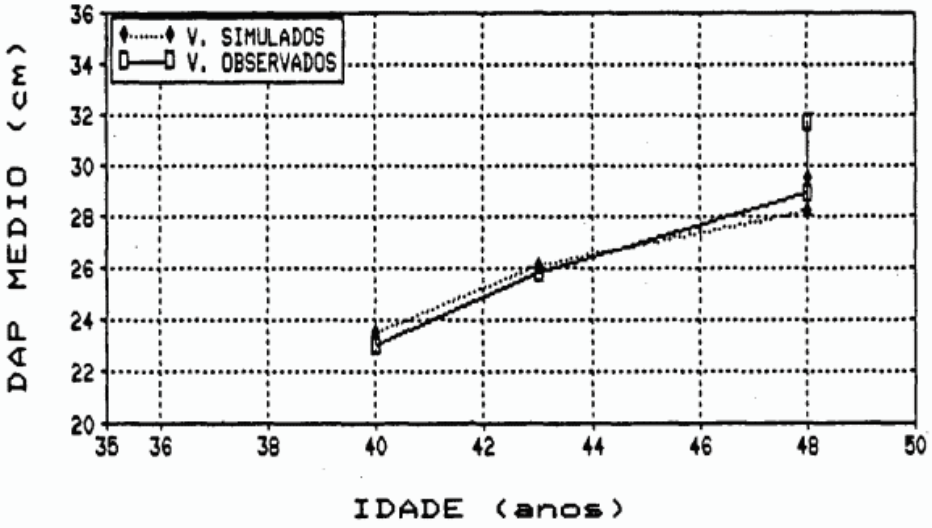


III.6 POVOAMENTO 325a.

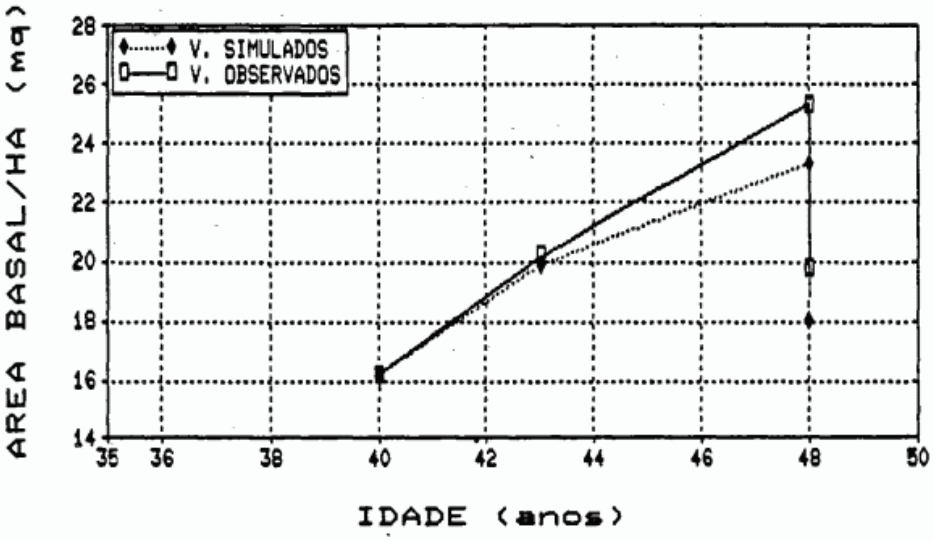
GRAF.51 - EVOLUCAO DO NUMERO DE ARVORES
PARCELA 325a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



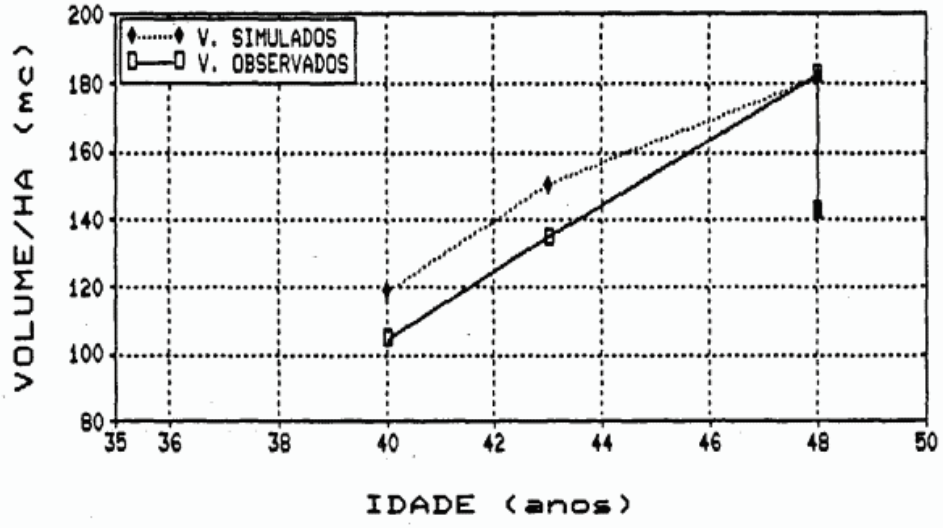
GRAF.52 - EVOLUCAO DO DAP MEDIO
PARCELA 325a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



GRAF.53 - EVOLUCAO DA AREA BASAL
PARCELA 325a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS

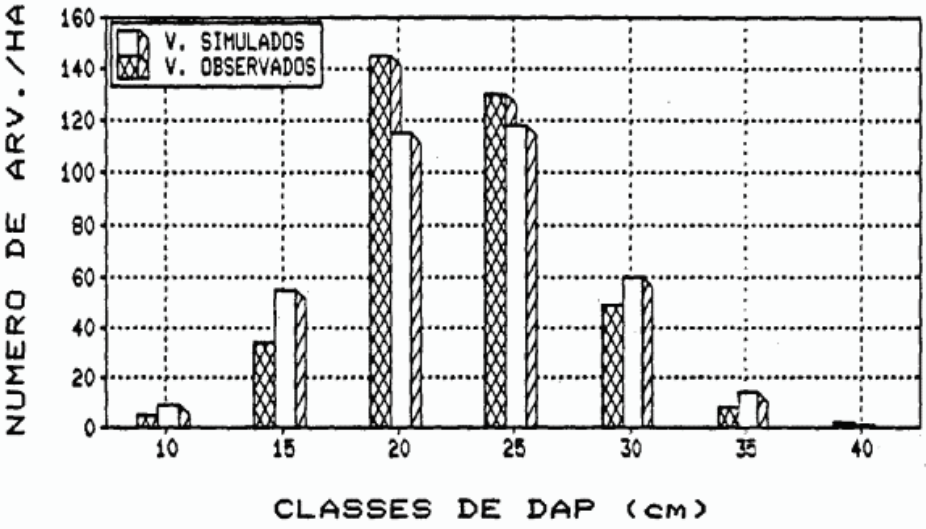


GRAF.54 - EVOLUCAO DO VOLUME
PARCELA 325a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



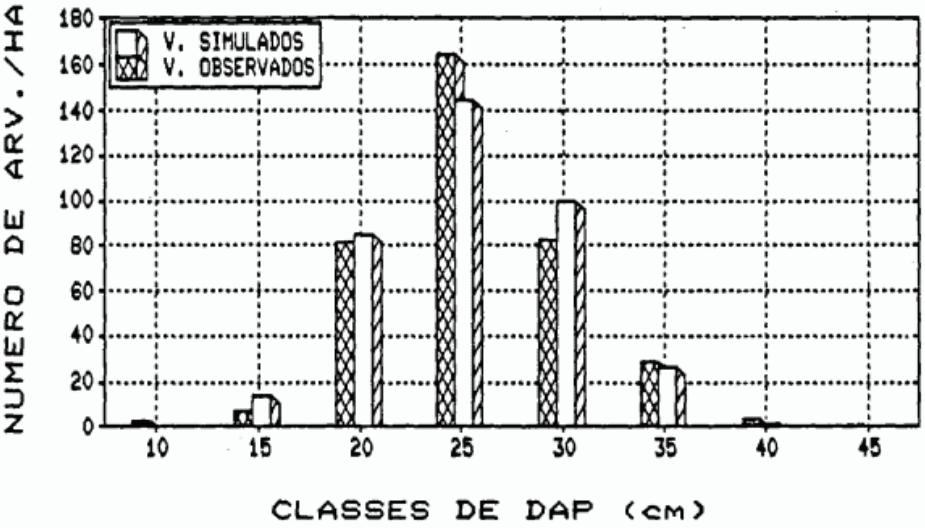
GRAF.55 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 325a (40 ANOS)



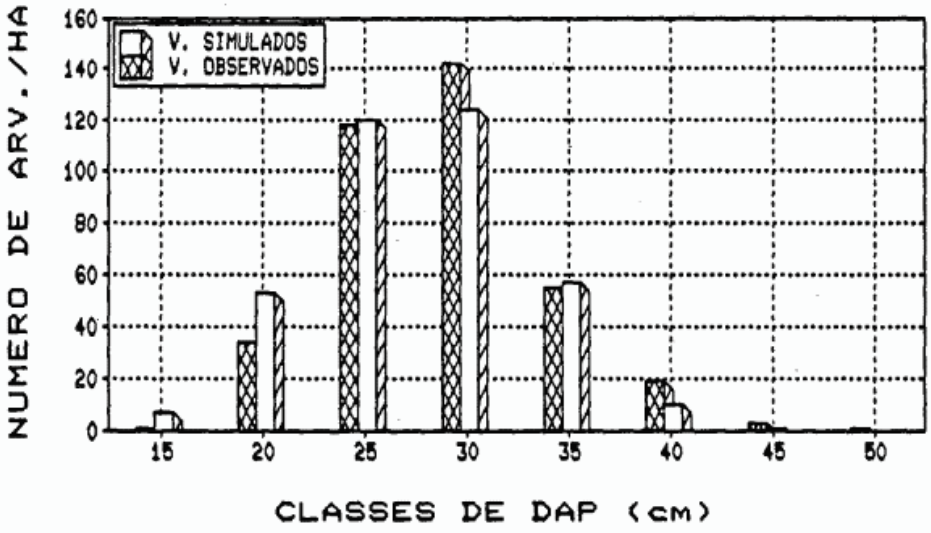
GRAF.56 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 325a (43 ANOS)



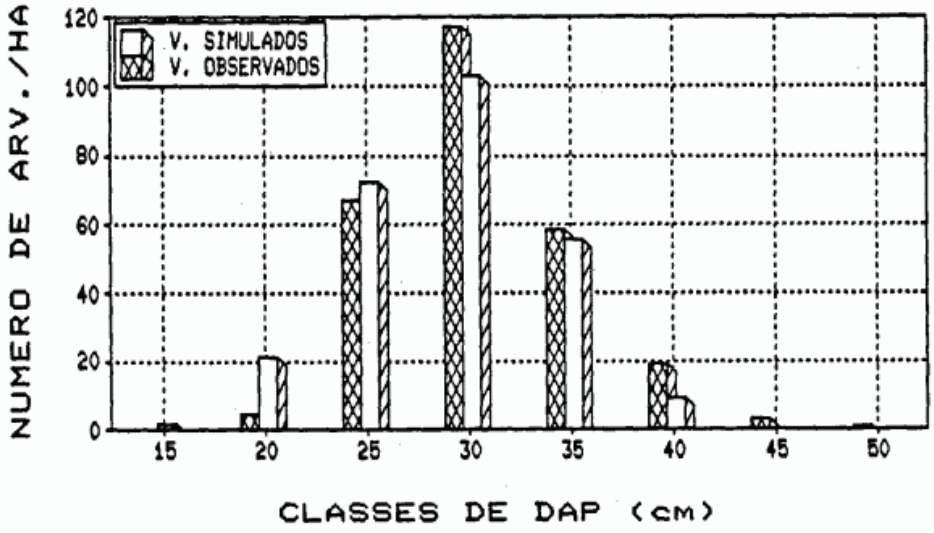
GRAF.57 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 325a (48 ANOS)

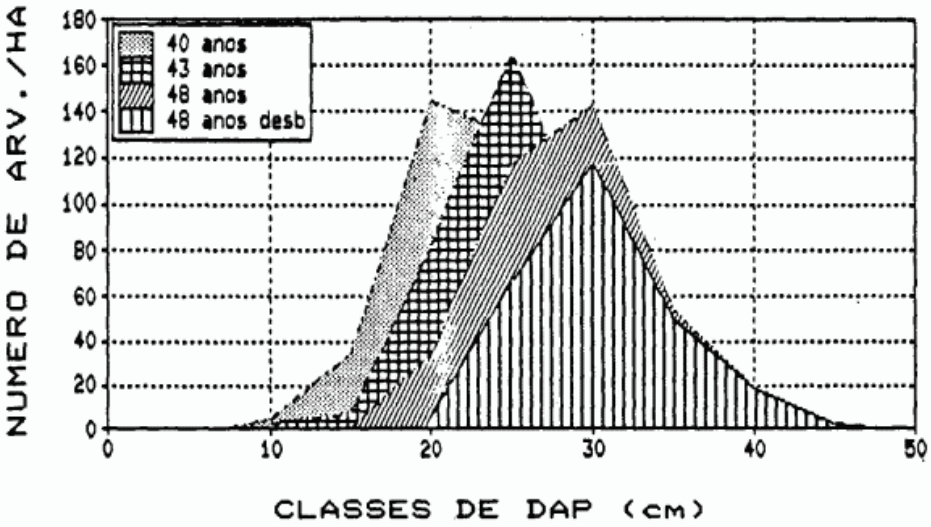


GRAF.58 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

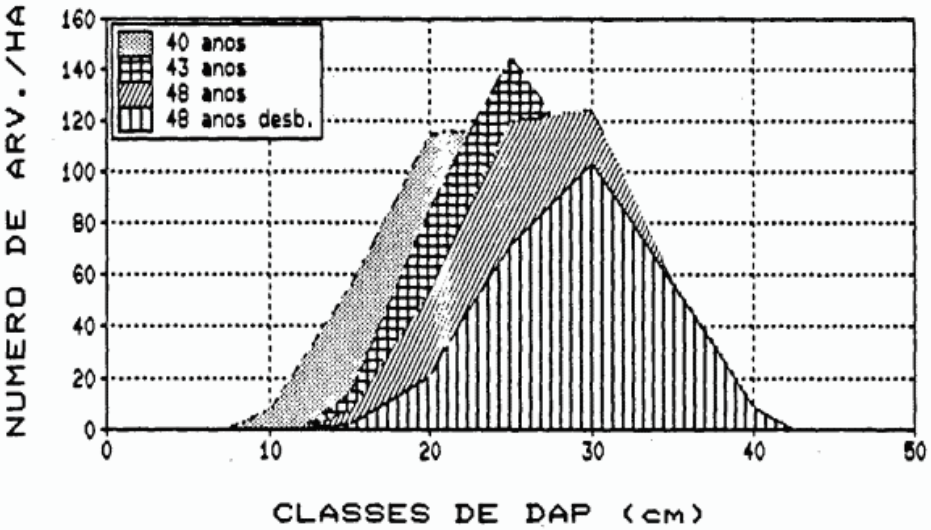
PARCELA 325a (48 ANOS APOS DESBASTE)



GRAF.59 - EVOLUCAO DA ESTRUTURA
PARCELA 325a - VALORES OBSERVADOS

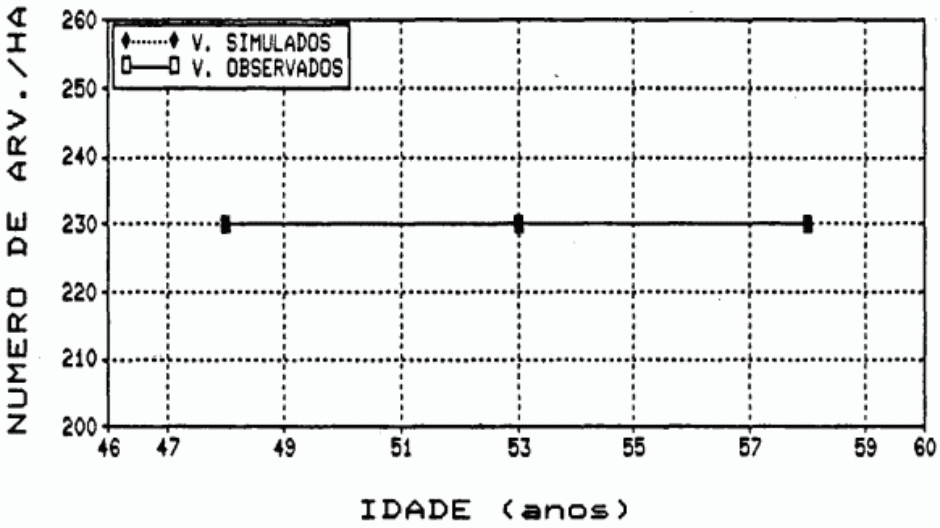


GRAF.60 - EVOLUCAO DA ESTRUTURA
PARCELA 325a - VALORES SIMULADOS

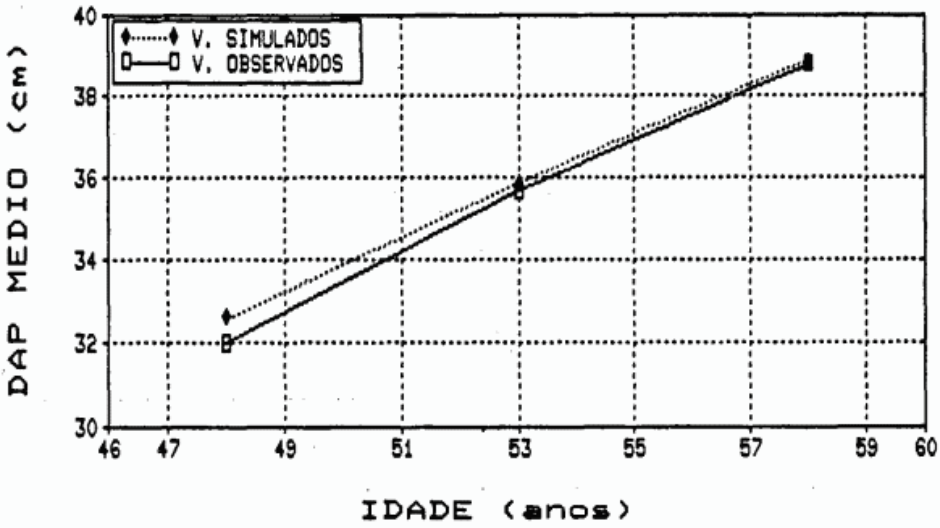


III.7 POVOAMENTO 257a.

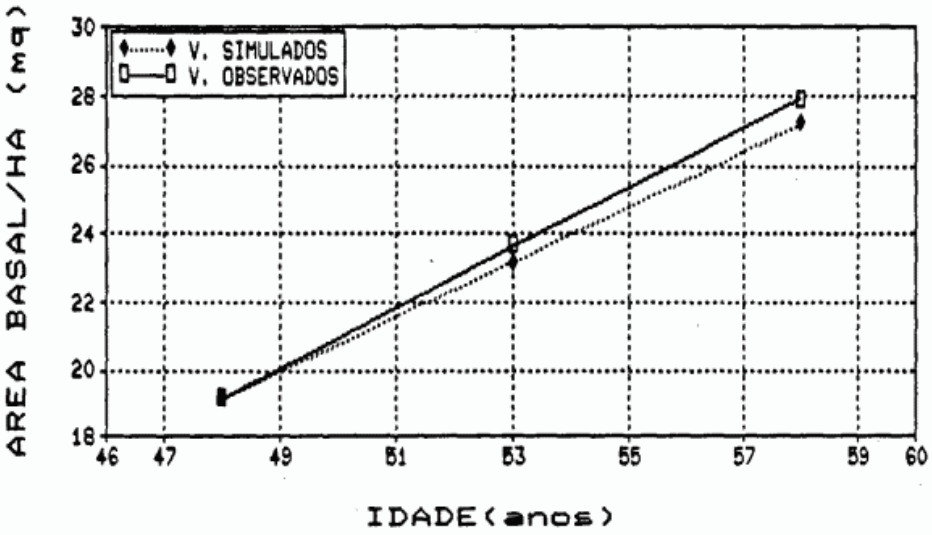
GRAF.61 - EVOLUCAO DO NUMERO DE ARVORES
PARCELA 257a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



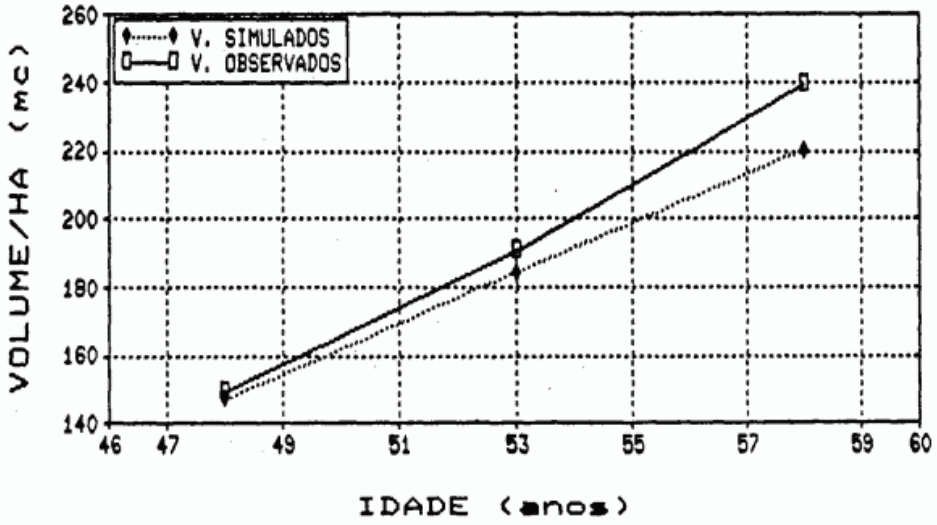
GRAF.62 - EVOLUCAO DO DAP MEDIO
PARCELA 257a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



GRAF.63 - EVOLUCAO DA AREA BASAL
PARCELA 257a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS

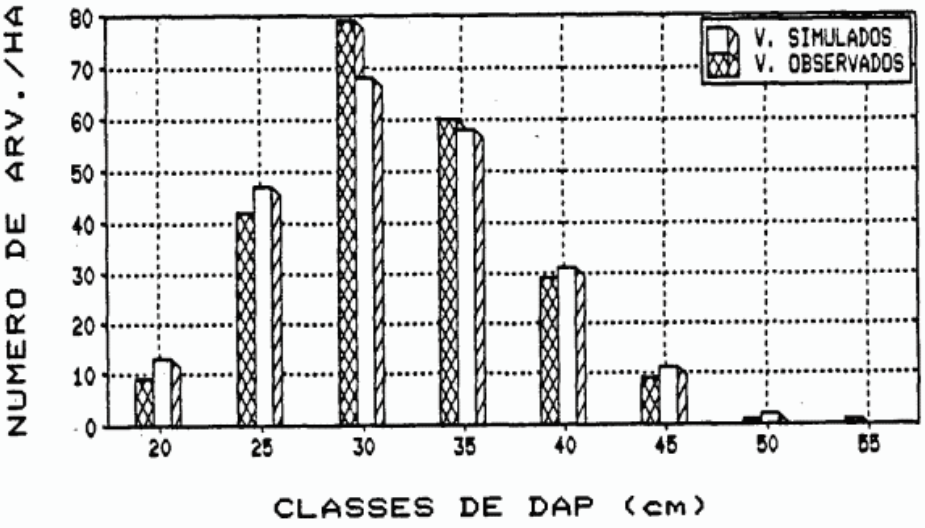


GRAF.64 - EVOLUCAO DO VOLUME
PARCELA 257a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



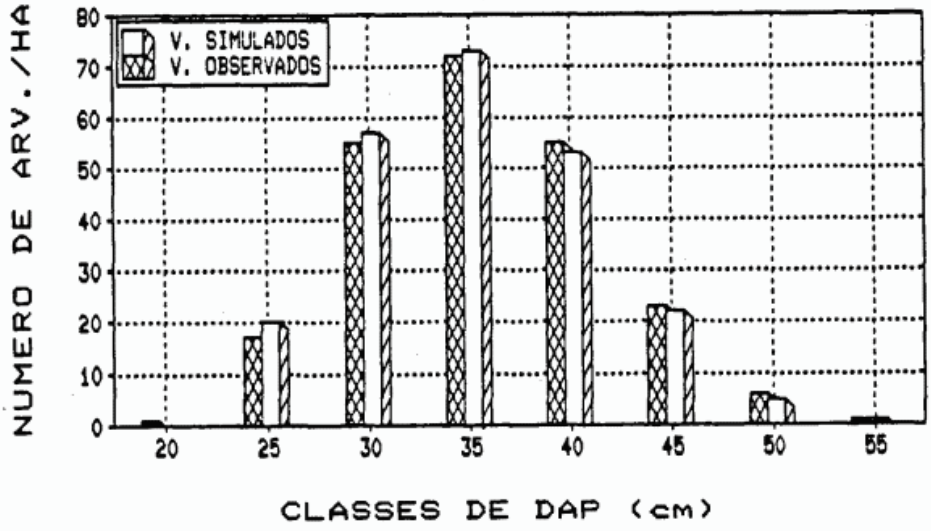
GRAF.65 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 257a (48 ANOS)



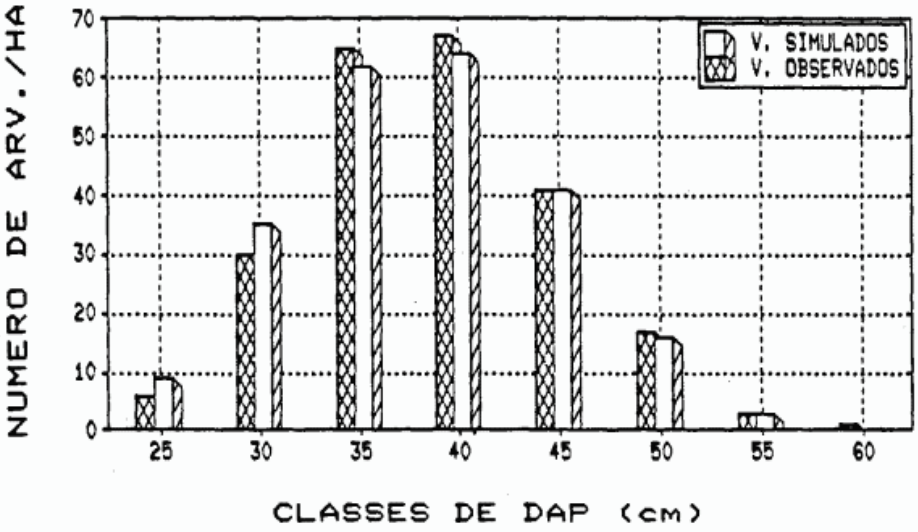
GRAF.66 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 257a (53 ANOS)



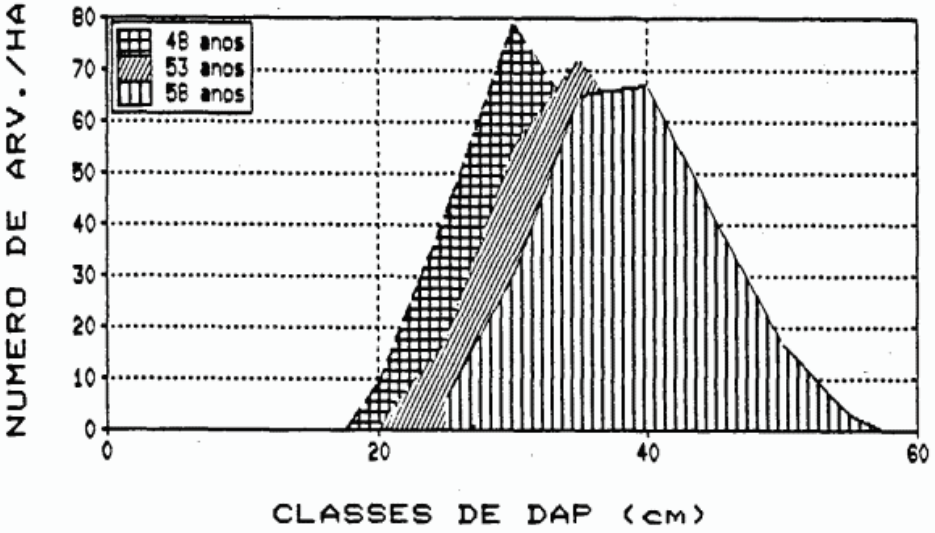
GRAF.67 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 257a (56 ANOS)



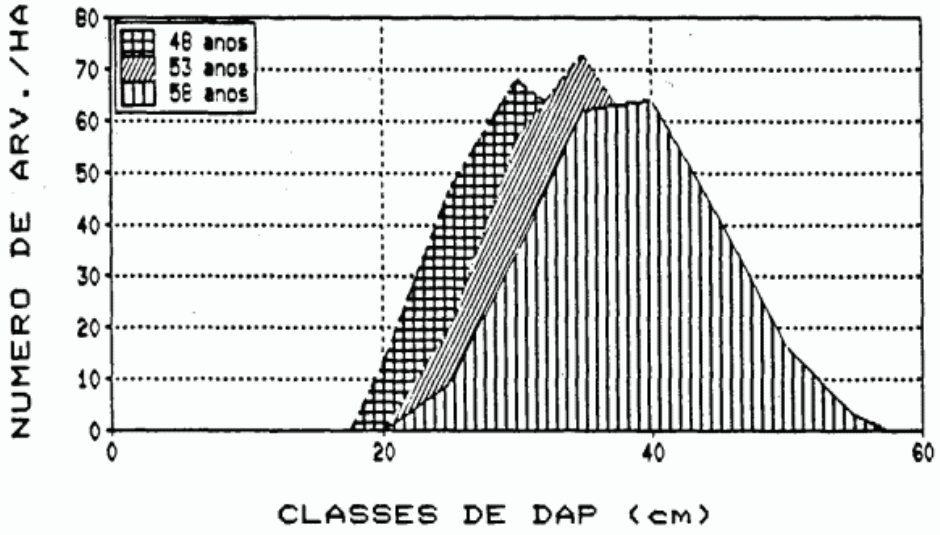
GRAF.68 - EVOLUCAO DA ESTRUTURA

PARCELA 257a - VALORES OBSERVADOS



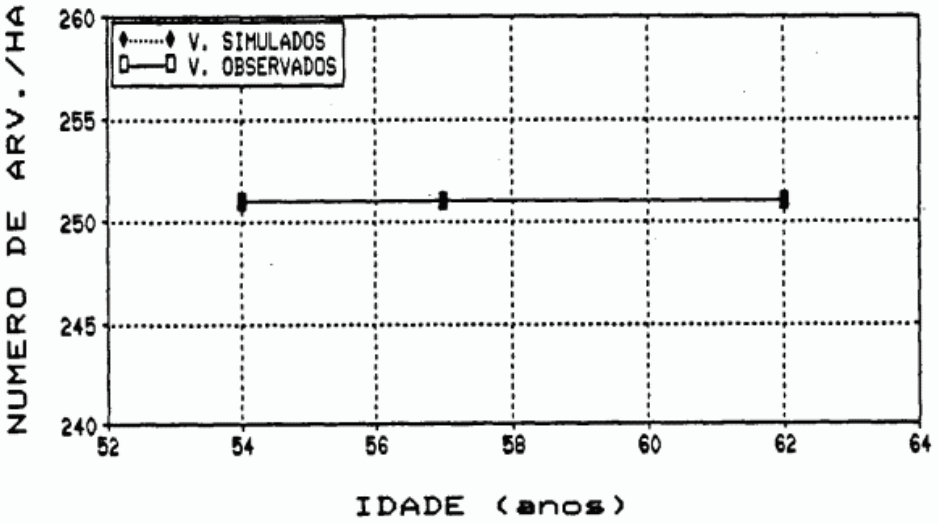
GRAF.69 - EVOLUCAO DA ESTRUTURA

PARCELA 257a - VALORES SIMULADOS

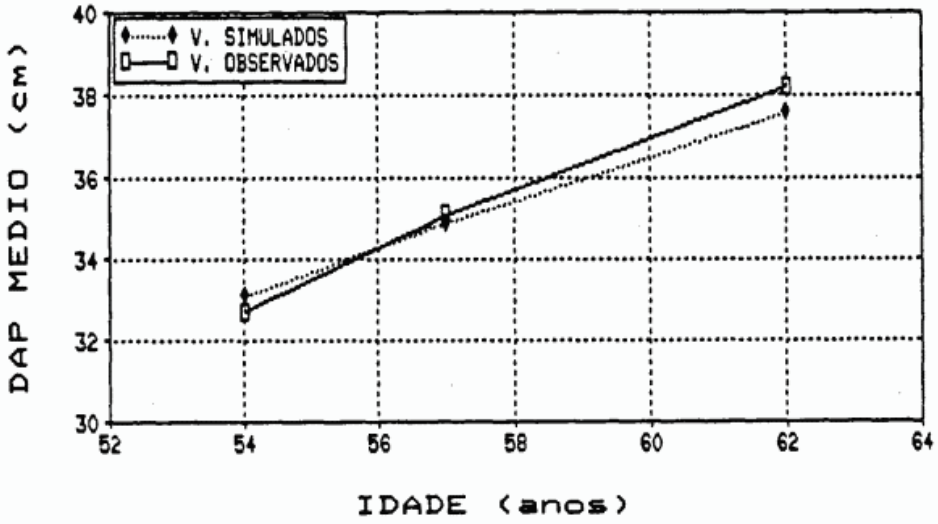


III.8 POVOAMENTO 323a.

GRAF.70 - EVOLUCAO DO NUMERO DE ARVORES
PARCELA 323a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS

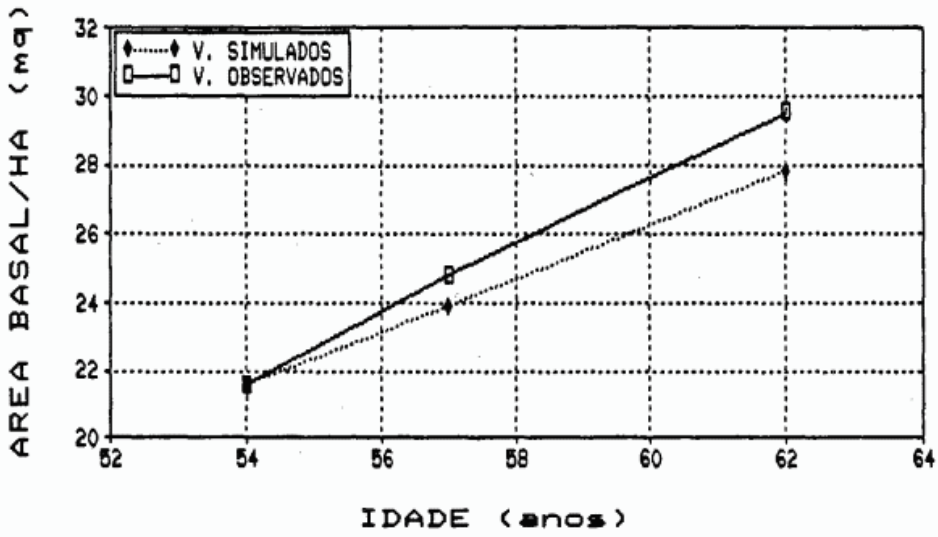


GRAF.71 - EVOLUCAO DO DAP MEDIO
PARCELA 323a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



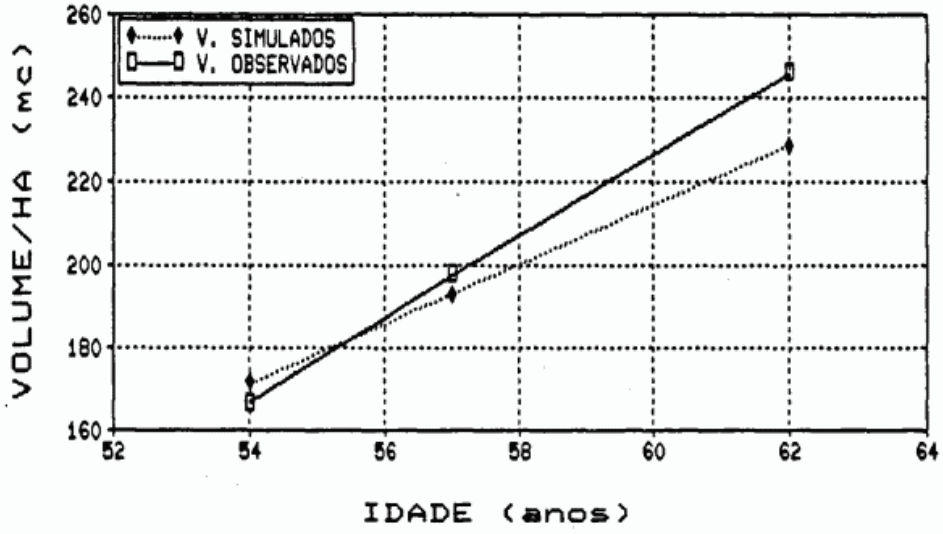
GRAF.72 - EVOLUCAO DA AREA BASAL

PARCELA 323a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



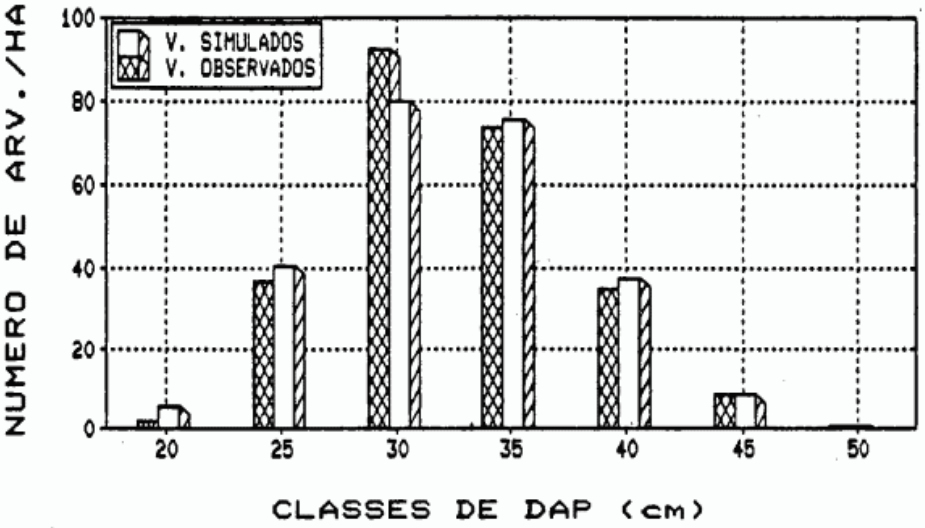
GRAF 73 - EVOLUCAO DO VOLUME

PARCELA 323a - V. OBSERVADOS E SIMULADOS



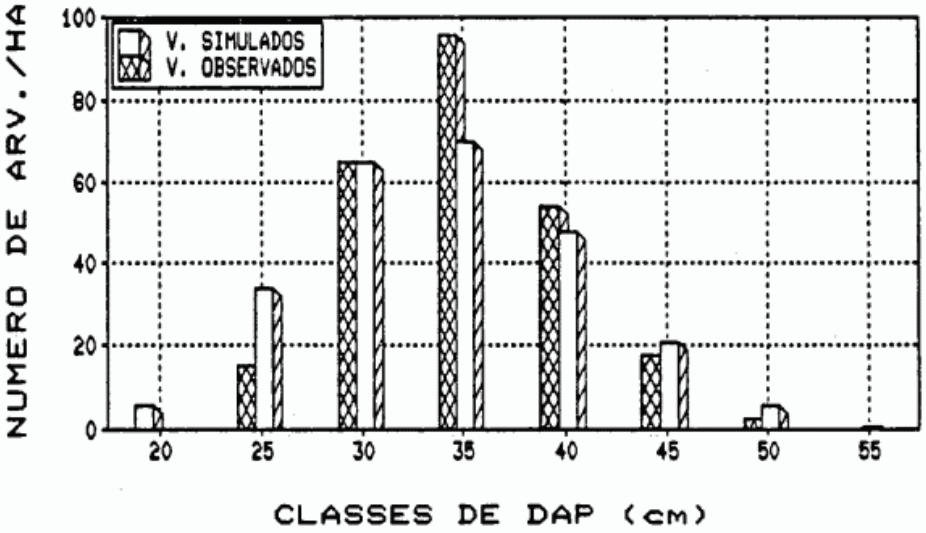
GRAF.74 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 323a (54 ANOS)



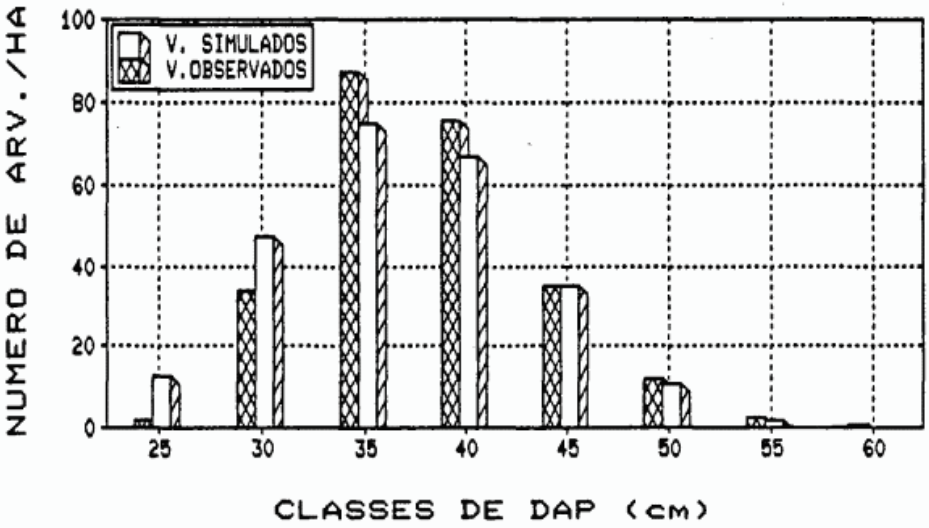
GRAF.75 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

PARCELA 323a (57 ANOS)

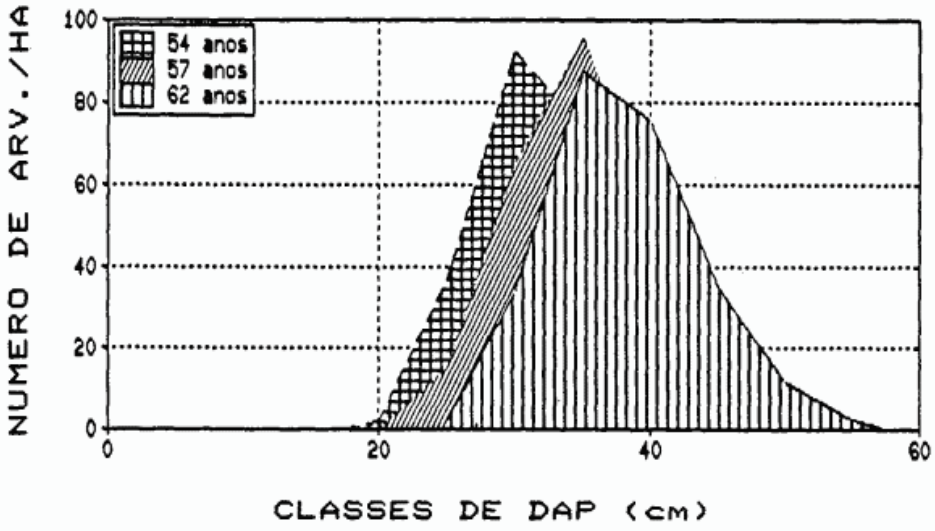


GRAF.76 - VALORES OBSERVADOS E SIMULADOS

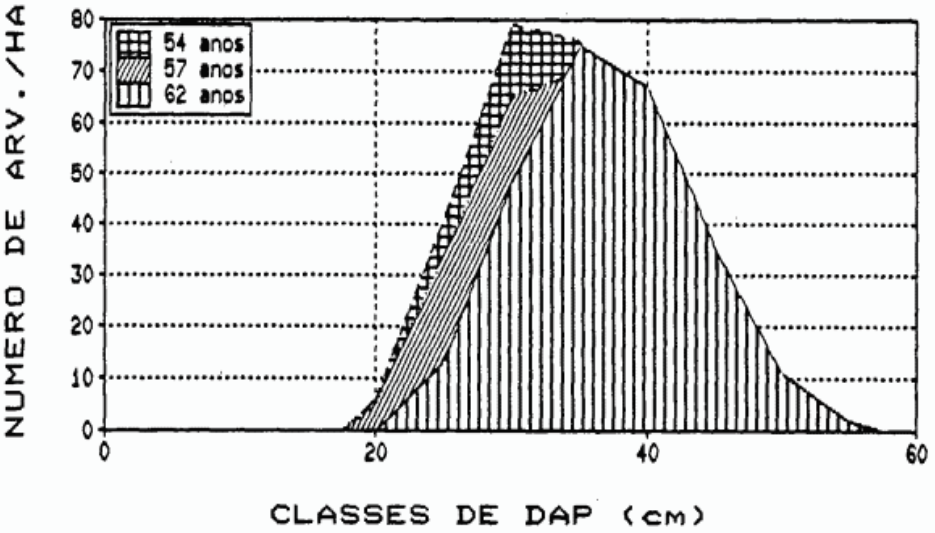
PARCELA 323a (62 ANOS)



GRAF.77 - EVOLUCAO DA ESTRUTURA
PARCELA 323a - VALORES OBSERVADOS



GRAF.78 - EVOLUCAO DA ESTRUTURA
PARCELA 323a - VALORES SIMULADOS



Anexo IV

Resultados das simulações.

IV.1 SIMULAÇÃO 10/25.

********** SIMULAÇÃO 10/25 **********

PARAMETROS INICIAIS DO POVOAMENTO

POVOAMENTO NÃO DESBASTADO

SI = 18 HD = 6.1

TP = 2500

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO NAO DESBASTADO

IDADE = 10 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 6.1 DIAMETRO MEDIO = 7.2

PARAM. DE WEIBUL: A = 0.65 B = 6.66 C = 2.15

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	1194.7	2.5	1.4	1.52	0.00	0.00
10	575.0	4.0	4.6	5.62	3.12	0.00
15	56.7	0.9	6.8	1.55	1.28	0.00
20	1.1	0.0	8.3	0.06	0.06	0.00
	1827.5	7.4	2.6	8.75	4.45	0.00

DESBASTE MECANICO : RETIRADO 33.3%

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 10 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 6.1 DIAMETRO MEDIO = 7.2

PARAM. DE WEIBUL: A = 0.65 B = 6.66 C = 2.15

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	796.5	1.6	1.4	1.03	0.00	0.00
10	383.3	2.7	4.7	3.82	2.09	0.00
15	37.8	0.6	7.0	1.06	0.87	0.00
20	0.8	0.0	8.6	0.04	0.04	0.00
	1218.3	4.9	2.6	5.95	3.00	0.00

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 15 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 8.7 DIAMETRO MEDIO = 11.5

PARAM. DE WEIBUL: A = 0.65 B =11.15 C = 2.31

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	337.1	0.8	1.6	0.47	0.00	0.00
10	495.3	3.9	5.3	5.32	2.75	0.00
15	294.8	5.0	7.9	9.01	7.33	0.00
20	80.3	2.4	9.6	4.99	4.55	0.00
25	10.2	0.5	10.9	1.08	1.03	0.00
30	0.6	0.0	11.8	0.10	0.06	0.03
	1218.3	12.6	5.2	20.96	15.73	0.03

DESBASTE SELECTIVO : AREA BASAL RESIDUAL = 10.0

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 15 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 8.7 DIAMETRO MEDIO = 11.5

PARAM. DE WEIBUL: A = 0.72 B =11.19 C = 2.34

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	254.2	0.6	1.6	0.36	0.00	0.00
10	391.0	3.1	5.4	4.24	2.18	0.00
15	236.6	4.0	8.0	7.32	5.95	0.00
20	64.1	1.9	9.8	4.03	3.68	0.00
25	7.8	0.4	11.0	0.84	0.80	0.00
	953.7	10.0	5.4	16.79	12.61	0.00

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 20 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 10.8 DIAMETRO MEDIO = 15.2

PARAM. DE WEIBUL: A = 0.86 B =15.21 C = 3.08

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	71.4	0.2	1.8	0.11	0.00	0.00
10	267.3	2.3	5.8	3.06	1.51	0.00
15	360.2	6.4	8.7	11.86	9.59	0.00
20	206.0	6.2	10.6	13.89	12.66	0.00
25	45.9	2.1	11.9	5.31	5.06	0.00
30	3.4	0.2	12.9	0.61	0.37	0.21
	954.1	17.4	7.9	34.83	29.20	0.21

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 25 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 12.5 DIAMETRO MEDIO = 18.1

PARAM. DE WEIBUL: A = 1.59 B =17.61 C = 3.50

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	20.6	0.1	1.9	0.03	0.00	0.00
10	142.1	1.3	6.2	1.69	0.81	0.00
15	318.0	5.8	9.2	11.00	8.87	0.00
20	319.7	9.9	11.2	22.80	20.78	0.00
25	133.8	6.3	12.6	16.48	15.70	0.00
30	19.2	1.3	13.7	3.66	2.25	1.31
35	0.7	0.1	14.5	0.20	0.08	0.12
	954.1	24.7	9.8	55.87	48.49	1.43

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 30 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 13.9 DIAMETRO MEDIO = 20.5

PARAM. DE WEIBUL: A = 2.41 B =19.29 C = 3.75

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	6.4	0.0	2.0	0.01	0.00	0.00
10	73.9	0.7	6.5	0.91	0.43	0.00
15	233.1	4.3	9.6	8.40	6.76	0.00
20	343.2	10.8	11.8	25.64	23.36	0.00
25	232.3	11.1	13.3	30.06	28.65	0.00
30	60.5	4.1	14.4	12.15	7.40	4.42
35	4.7	0.4	15.2	1.35	0.52	0.81
	954.1	31.5	11.3	78.53	67.12	5.23

DESBASTE SELECTIVO : AREA BASAL RESIDUAL = 25.0

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 30 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 13.9 DIAMETRO MEDIO = 21.4

PARAM. DE WEIBUL: A = 3.21 B =19.47 C = 3.95

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	1.8	0.0	2.0	0.00	0.00	0.00
10	34.6	0.3	6.5	0.43	0.20	0.00
15	140.7	2.6	9.7	5.11	4.11	0.00
20	251.6	8.0	11.9	18.98	17.29	0.00
25	201.0	9.7	13.4	26.28	25.05	0.00
30	58.6	3.9	14.5	11.91	7.24	4.34
35	4.6	0.4	15.3	1.34	0.51	0.80
	692.8	25.0	11.8	64.06	54.41	5.15

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 35 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 15.2 DIAMETRO MEDIO = 23.9

PARAM. DE WEIBUL: A = 3.45 B =21.80 C = 3.89

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	1.0	0.0	2.0	0.00	0.00	0.00
10	21.3	0.2	6.8	0.27	0.12	0.00
15	92.5	1.7	10.1	3.47	2.78	0.00
20	194.7	6.3	12.3	15.20	13.84	0.00
25	223.2	10.9	13.8	30.29	28.88	0.00
30	127.4	8.8	15.0	26.93	16.25	9.95
35	30.3	2.8	15.9	9.26	3.50	5.60
40	2.4	0.3	16.6	0.99	0.25	0.73
	692.8	31.0	13.0	86.41	65.64	16.29

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 40 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 16.2 DIAMETRO MEDIO = 25.9

PARAM. DE WEIBUL: A = 4.38 B =23.05 C = 3.95

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
10	10.9	0.1	6.9	0.14	0.06	0.00
15	59.7	1.1	10.4	2.29	1.84	0.00
20	151.2	4.9	12.6	12.15	11.07	0.00
25	219.0	10.8	14.2	30.69	29.27	0.00
30	174.7	12.2	15.4	38.18	22.87	14.29
35	66.8	6.2	16.3	21.14	7.92	12.87
40	10.0	1.2	17.0	4.37	1.08	3.24
	692.1	36.6	14.0	108.97	74.11	30.39

DESBASTE SELECTIVO : AREA BASAL RESIDUAL = 25.0

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 40 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 16.2 DIAMETRO MEDIO = 27.2

PARAM. DE WEIBUL: A = 5.34 B =23.37 C = 4.42

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
10	2.3	0.0	7.1	0.03	0.01	0.00
15	21.1	0.4	10.6	0.83	0.66	0.00
20	73.7	2.4	12.9	6.05	5.51	0.00
25	138.2	6.9	14.5	19.81	18.89	0.00
30	133.5	9.3	15.7	29.89	17.80	11.29
35	54.5	5.1	16.7	17.70	6.58	10.83
40	7.0	0.8	17.4	3.11	0.76	2.31
	430.2	25.0	14.7	77.42	50.23	24.43

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 45 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 17.2 DIAMETRO MEDIO = 29.7

PARAM. DE WEIBUL: A = 5.86 B =25.53 C = 3.95

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
10	2.1	0.0	7.2	0.03	0.01	0.00
15	16.9	0.3	10.8	0.67	0.54	0.00
20	53.6	1.8	13.1	4.49	4.09	0.00
25	102.1	5.1	14.8	14.95	14.27	0.00
30	123.8	8.8	16.0	28.35	16.78	10.81
35	90.1	8.6	17.0	29.95	11.05	18.40
40	35.1	4.3	17.7	16.07	3.92	11.98
45	6.3	1.0	18.3	3.81	0.64	3.14
	429.9	29.8	15.5	98.32	51.30	44.33

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 50 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 18.0 DIAMETRO MEDIO = 32.0

PARAM. DE WEIBUL: A = 6.70 B =27.04 C = 3.97

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
10	1.0	0.0	7.3	0.01	0.01	0.00
15	10.2	0.2	10.9	0.41	0.33	0.00
20	37.0	1.2	13.4	3.16	2.88	0.00
25	79.9	4.0	15.0	11.93	11.39	0.00
30	114.7	8.2	16.3	26.81	15.79	10.32
35	107.1	10.2	17.3	36.38	13.33	22.45
40	60.0	7.4	18.0	28.06	6.78	20.97
45	17.9	2.8	18.6	11.07	1.85	9.14
50	2.4	0.5	19.1	1.95	0.23	1.70
	430.2	34.5	16.3	119.78	52.58	64.58

DESBASTE SELECTIVO : AREA BASAL RESIDUAL = 25.0

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 50 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 18.0 DIAMETRO MEDIO = 33.5

PARAM. DE WEIBUL: A = 7.85 B =27.44 C = 4.62

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
15	2.2	0.0	11.1	0.09	0.07	0.00
20	13.0	0.4	13.6	1.13	1.03	0.00
25	39.5	2.0	15.3	6.01	5.74	0.00
30	74.9	5.4	16.6	17.86	10.46	6.94
35	86.3	8.3	17.5	29.94	10.90	18.56
40	52.8	6.5	18.3	25.23	6.05	18.90
45	13.8	2.1	18.9	8.75	1.45	7.23
50	1.2	0.2	19.4	0.95	0.11	0.83
	283.7	25.0	16.9	89.95	35.80	52.46

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 55 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 18.8 DIAMETRO MEDIO = 36.1

PARAM. DE WEIBUL: A = 9.79 B =28.27 C = 3.73

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
15	2.2	0.0	11.2	0.09	0.07	0.00
20	11.8	0.4	13.7	1.04	0.94	0.00
25	31.5	1.6	15.5	4.85	4.63	0.00
30	55.9	4.0	16.7	13.50	7.87	5.28
35	70.3	6.8	17.7	24.71	8.95	15.36
40	61.5	7.7	18.5	29.84	7.12	22.40
45	35.5	5.6	19.1	22.79	3.75	18.88
50	12.5	2.4	19.6	10.28	1.21	9.02
55	2.4	0.6	20.1	2.51	0.22	2.28
	283.5	29.0	17.5	109.62	34.76	73.23

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 60 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 19.4 DIAMETRO MEDIO = 38.5

PARAM. DE WEIBUL: A = 9.79 B =30.80 C = 3.85

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
15	1.3	0.0	11.3	0.06	0.04	0.00
20	7.8	0.3	13.8	0.70	0.63	0.00
25	22.5	1.1	15.6	3.51	3.35	0.00
30	43.7	3.1	16.9	10.69	6.21	4.21
35	62.4	6.0	17.9	22.23	8.01	13.86
40	65.5	8.2	18.7	32.17	7.63	24.19
45	48.4	7.6	19.3	31.54	5.16	26.15
50	23.7	4.6	19.8	19.85	2.32	17.43
55	7.1	1.7	20.3	7.46	0.64	6.79
60	1.2	0.3	20.6	1.53	0.10	1.43
	283.7	33.0	18.1	129.73	34.10	94.05

DESBASTE SELECTIVO : AREA BASAL RESIDUAL = 25.0

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 60 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 19.4 DIAMETRO MEDIO = 40.3

PARAM. DE WEIBUL: A =10.68 B =31.75 C = 4.68

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
20	1.8	0.1	14.0	0.16	0.14	0.00
25	7.8	0.4	15.8	1.24	1.18	0.00
30	21.3	1.5	17.1	5.30	3.06	2.10
35	40.3	3.9	18.1	14.62	5.23	9.15
40	53.0	6.7	18.9	26.53	6.25	20.00
45	44.8	7.1	19.6	29.70	4.82	24.66
50	21.3	4.1	20.1	18.15	2.10	15.95
55	4.8	1.1	20.5	5.10	0.43	4.65
	195.1	24.9	18.7	100.79	23.23	76.51

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 65 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 20.0 DIAMETRO MEDIO = 43.1

PARAM. DE WEIBUL: A =14.43 B =30.86 C = 3.48

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
20	1.8	0.1	14.1	0.16	0.15	0.00
25	7.8	0.4	15.9	1.24	1.18	0.00
30	18.5	1.3	17.2	4.65	2.68	1.85
35	31.5	3.1	18.2	11.50	4.11	7.21
40	40.7	5.1	19.0	20.55	4.82	15.51
45	40.5	6.4	19.7	27.10	4.38	22.52
50	30.3	5.9	20.2	26.07	3.01	22.92
55	16.5	3.9	20.6	17.77	1.51	16.20
60	6.2	1.7	21.0	8.25	0.53	7.70
65	1.6	0.5	21.3	2.49	0.12	2.36
	195.3	28.4	19.1	119.77	22.48	96.28

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 70 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 20.6 DIAMETRO MEDIO = 45.6

PARAM. DE WEIBUL: A =14.43 B =33.58 C = 3.60

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
20	1.1	0.0	14.2	0.10	0.09	0.00
25	5.3	0.3	16.0	0.85	0.82	0.00
30	13.5	1.0	17.3	3.42	1.96	1.37
35	24.7	2.4	18.3	9.10	3.24	5.72
40	35.2	4.5	19.1	17.92	4.19	13.54
45	39.8	6.3	19.8	26.86	4.32	22.34
50	35.2	6.9	20.3	30.57	3.51	26.90
55	23.7	5.6	20.8	25.86	2.18	23.58
60	11.7	3.3	21.1	15.73	1.00	14.68
65	4.1	1.3	21.5	6.60	0.32	6.26
70	0.9	0.4	21.8	1.82	0.07	1.75
	195.4	31.9	19.5	138.84	21.72	116.14

IV.2 SIMULAÇÃO 15/25.

********** SIMULAÇÃO 15/25 **********

PARAMETROS INICIAIS DO POVOAMENTO

POVOAMENTO NÃO DESBASTADO

SI = 18 HD = 6.1

TP = 2500

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO NAO DESBASTADO

IDADE = 10 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 6.1 DIAMETRO MEDIO = 7.2

PARAM. DE WEIBUL: A = 0.65 B = 6.66 C = 2.15

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	1194.7	2.5	1.4	1.52	0.00	0.00
10	575.0	4.0	4.6	5.62	3.12	0.00
15	56.7	0.9	6.8	1.55	1.28	0.00
20	1.1	0.0	8.3	0.06	0.06	0.00
	1827.5	7.4	2.6	8.75	4.45	0.00

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 15 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 8.7 DIAMETRO MEDIO = 10.7

PARAM. DE WEIBUL: A = 0.65 B =10.37 C = 2.30

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	584.8	1.4	1.6	0.82	0.00	0.00
10	772.7	6.1	5.3	8.25	4.29	0.00
15	383.3	6.4	7.8	11.62	9.47	0.00
20	79.5	2.3	9.6	4.90	4.47	0.00
25	7.0	0.3	10.8	0.73	0.70	0.00
	1827.2	16.5	4.8	26.32	18.93	0.00

DESBASTE MECANICO : RETIRADO 33.3%

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 15 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 8.7 DIAMETRO MEDIO = 10.7

PARAM. DE WEIBUL: A = 0.65 B =10.37 C = 2.30

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	389.9	0.9	1.6	0.56	0.00	0.00
10	515.1	4.0	5.4	5.61	2.87	0.00
15	255.5	4.3	8.1	7.93	6.45	0.00
20	53.0	1.5	9.8	3.35	3.06	0.00
25	4.6	0.2	11.1	0.50	0.48	0.00
	1218.2	11.0	5.0	17.95	12.86	0.00

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 20 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 10.8 DIAMETRO MEDIO = 14.0

PARAM. DE WEIBUL: A = 1.39 B =13.31 C = 2.95

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	116.9	0.3	1.8	0.18	0.00	0.00
10	424.0	3.6	5.9	4.88	2.40	0.00
15	466.5	8.1	8.7	15.46	12.50	0.00
20	186.0	5.5	10.7	12.64	11.52	0.00
25	24.1	1.1	12.0	2.82	2.68	0.00
30	0.8	0.1	13.0	0.15	0.09	0.05
	1218.3	18.7	7.4	36.12	29.20	0.05

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 25 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 12.5 DIAMETRO MEDIO = 16.5

PARAM. DE WEIBUL: A = 1.45 B =16.03 C = 3.50

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	39.5	0.1	1.9	0.06	0.00	0.00
10	250.4	2.2	6.2	3.01	1.43	0.00
15	482.2	8.7	9.3	16.83	13.56	0.00
20	355.4	10.8	11.3	25.61	23.33	0.00
25	85.7	3.9	12.8	10.66	10.16	0.00
30	5.0	0.3	13.8	0.97	0.60	0.35
	1218.3	26.1	9.3	57.14	49.08	0.35

DESBASTE SELECTIVO : AREA BASAL RESIDUAL = 21.0

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 25 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 12.5 DIAMETRO MEDIO = 16.6

PARAM. DE WEIBUL: A = 1.91 B =15.69 C = 3.49

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	26.0	0.1	1.9	0.04	0.00	0.00
10	190.2	1.7	6.3	2.31	1.09	0.00
15	385.8	7.0	9.4	13.63	10.97	0.00
20	290.1	8.8	11.5	21.19	19.31	0.00
25	69.3	3.2	13.0	8.76	8.35	0.00
30	3.9	0.3	14.0	0.76	0.47	0.28
	965.2	21.0	9.5	46.69	40.19	0.28

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 30 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 13.9 DIAMETRO MEDIO = 19.1

PARAM. DE WEIBUL: A = 2.24 B =17.93 C = 3.75

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	9.6	0.0	2.0	0.02	0.00	0.00
10	102.2	0.9	6.6	1.28	0.59	0.00
15	294.3	5.4	9.8	10.80	8.68	0.00
20	360.6	11.3	12.0	27.50	25.05	0.00
25	172.6	8.1	13.5	22.85	21.78	0.00
30	25.1	1.7	14.6	5.17	3.14	1.89
35	0.8	0.1	15.5	0.23	0.09	0.14
	965.3	27.5	11.0	67.85	59.33	2.03

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 35 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 15.2 DIAMETRO MEDIO = 21.1

PARAM. DE WEIBUL: A = 3.04 B =19.25 C = 3.89

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	3.3	0.0	2.1	0.01	0.00	0.00
10	55.7	0.5	6.8	0.72	0.33	0.00
15	211.2	4.0	10.2	8.01	6.42	0.00
20	354.7	11.3	12.4	28.06	25.56	0.00
25	264.0	12.7	14.0	36.35	34.66	0.00
30	71.2	4.8	15.2	15.28	9.19	5.68
35	5.1	0.5	16.1	1.59	0.60	0.96
	965.2	33.6	12.2	90.00	76.76	6.64

DESBASTE SELECTIVO : AREA BASAL RESIDUAL = 25.0

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 35 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 15.2 DIAMETRO MEDIO = 22.1

PARAM. DE WEIBUL: A = 3.90 B =19.43 C = 4.14

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	0.6	0.0	2.1	0.00	0.00	0.00
10	21.4	0.2	6.9	0.28	0.13	0.00
15	111.4	2.1	10.3	4.28	3.43	0.00
20	236.4	7.6	12.6	18.97	17.29	0.00
25	213.6	10.3	14.2	29.88	28.50	0.00
30	65.1	4.4	15.4	14.21	8.52	5.31
35	4.6	0.4	16.3	1.44	0.54	0.88
	653.1	25.0	12.9	69.07	58.40	6.19

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 40 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 16.2 DIAMETRO MEDIO = 24.3

PARAM. DE WEIBUL: A = 4.11 B =21.61 C = 3.95

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
10	14.9	0.1	7.1	0.20	0.09	0.00
15	76.1	1.4	10.6	2.99	2.40	0.00
20	176.7	5.7	12.9	14.56	13.27	0.00
25	218.6	10.7	14.6	31.45	30.00	0.00
30	131.8	9.1	15.8	29.64	17.63	11.22
35	32.0	2.9	16.7	10.44	3.88	6.39
40	2.4	0.3	17.4	1.08	0.27	0.80
	652.7	30.3	13.9	90.36	67.53	18.41

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 45 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 17.2 DIAMETRO MEDIO = 26.3

PARAM. DE WEIBUL: A = 5.01 B =22.77 C = 3.97

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
10	7.8	0.1	7.3	0.11	0.05	0.00
15	49.6	1.0	10.8	1.99	1.59	0.00
20	135.8	4.4	13.2	11.45	10.43	0.00
25	208.0	10.3	14.9	30.68	29.27	0.00
30	173.2	12.1	16.1	39.97	23.62	15.30
35	68.1	6.3	17.1	22.81	8.40	14.04
40	10.3	1.2	17.8	4.74	1.15	3.54
	652.7	35.4	14.7	111.75	74.51	32.88

DESBASTE SELECTIVO : AREA BASAL RESIDUAL = 25.0

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 45 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 17.2 DIAMETRO MEDIO = 27.6

PARAM. DE WEIBUL: A = 6.02 B =23.04 C = 4.45

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
10	1.5	0.0	7.4	0.02	0.01	0.00
15	16.9	0.3	11.0	0.69	0.55	0.00
20	66.0	2.2	13.5	5.67	5.17	0.00
25	133.0	6.6	15.2	20.04	19.12	0.00
30	136.2	9.5	16.4	32.15	18.88	12.43
35	57.8	5.4	17.4	19.83	7.25	12.26
40	7.4	0.9	18.1	3.50	0.84	2.62
	418.9	25.0	15.5	81.90	51.82	27.31

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 50 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 18.0 DIAMETRO MEDIO = 29.9

PARAM. DE WEIBUL: A = 6.67 B =24.88 C = 3.90

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
10	1.5	0.0	7.5	0.02	0.01	0.00
15	14.5	0.3	11.2	0.60	0.48	0.00
20	49.9	1.6	13.6	4.36	3.97	0.00
25	98.9	4.9	15.4	15.14	14.45	0.00
30	122.5	8.7	16.6	29.41	17.18	11.46
35	90.1	8.6	17.6	31.47	11.42	19.53
40	35.1	4.3	18.4	16.89	4.04	12.67
45	6.2	0.9	19.0	3.95	0.65	3.27
	418.7	29.3	16.2	101.84	52.21	46.94

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 55 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 18.8 DIAMETRO MEDIO = 32.0

PARAM. DE WEIBUL: A = 7.26 B =26.51 C = 3.95

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
10	0.7	0.0	7.6	0.01	0.00	0.00
15	9.0	0.2	11.3	0.38	0.30	0.00
20	34.9	1.1	13.8	3.09	2.81	0.00
25	77.6	3.9	15.6	12.06	11.51	0.00
30	113.0	8.0	16.9	27.57	16.02	10.83
35	105.9	10.1	17.8	37.60	13.57	23.42
40	58.7	7.2	18.6	28.77	6.83	21.63
45	17.1	2.6	19.3	11.08	1.81	9.19
50	2.2	0.4	19.8	1.86	0.22	1.64
	419.0	33.7	16.8	122.41	53.09	66.70

DESBASTE SELECTIVO : AREA BASAL RESIDUAL = 25.0

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 55 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 18.8 DIAMETRO MEDIO = 33.5

PARAM. DE WEIBUL: A = 8.45 B =26.85 C = 4.58

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
15	1.9	0.0	11.5	0.08	0.06	0.00
20	12.3	0.4	14.0	1.10	1.00	0.00
25	38.8	2.0	15.8	6.14	5.86	0.00
30	75.2	5.4	17.1	18.69	10.80	7.41
35	87.3	8.4	18.1	31.60	11.32	19.77
40	52.9	6.5	18.9	26.45	6.23	19.94
45	13.5	2.1	19.5	8.92	1.45	7.41
50	1.1	0.2	20.1	0.91	0.11	0.80
	282.9	25.0	17.5	93.90	36.84	55.33

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 60 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 19.4 DIAMETRO MEDIO = 36.0

PARAM. DE WEIBUL: A =10.41 B =27.48 C = 3.68

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
15	1.9	0.0	11.6	0.08	0.07	0.00
20	11.5	0.4	14.1	1.04	0.95	0.00
25	31.7	1.6	15.9	5.07	4.84	0.00
30	56.9	4.1	17.2	14.29	8.23	5.69
35	71.3	6.9	18.3	26.09	9.31	16.36
40	61.4	7.7	19.0	31.02	7.28	23.42
45	34.3	5.4	19.7	23.02	3.72	19.14
50	11.5	2.2	20.2	9.95	1.15	8.75
55	2.1	0.5	20.7	2.29	0.19	2.09
	282.8	28.7	18.0	112.87	35.74	75.45

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 65 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 20.0 DIAMETRO MEDIO = 38.2

PARAM. DE WEIBUL: A =10.41 B =29.87 C = 3.80

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
15	1.2	0.0	11.7	0.05	0.04	0.00
20	7.8	0.3	14.2	0.71	0.65	0.00
25	23.0	1.2	16.0	3.71	3.54	0.00
30	45.1	3.2	17.4	11.43	6.56	4.58
35	63.9	6.2	18.4	23.64	8.40	14.86
40	65.8	8.3	19.2	33.59	7.85	25.40
45	47.1	7.4	19.8	31.89	5.12	26.54
50	22.0	4.2	20.4	19.14	2.19	16.85
55	6.2	1.4	20.8	6.74	0.57	6.15
60	0.9	0.3	21.2	1.27	0.08	1.19
	282.9	32.5	18.5	132.19	35.01	95.56

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 70 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 20.6 DIAMETRO MEDIO = 40.3

PARAM. DE WEIBUL: A =10.81 B =31.67 C = 3.84

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
15	0.7	0.0	11.7	0.03	0.03	0.00
20	5.4	0.2	14.3	0.50	0.45	0.00
25	17.1	0.9	16.2	2.78	2.66	0.00
30	35.8	2.6	17.5	9.17	5.25	3.69
35	55.5	5.4	18.5	20.72	7.34	13.06
40	64.6	8.1	19.3	33.35	7.76	25.25
45	55.1	8.7	20.0	37.74	6.04	31.44
50	32.7	6.4	20.5	28.82	3.29	25.39
55	12.6	3.0	21.0	13.99	1.17	12.76
60	2.9	0.8	21.4	4.00	0.25	3.74
	282.6	36.0	19.0	151.11	34.22	115.32

IV.3 SIMULAÇÃO 15/20.

********** SIMULAÇÃO 15/20 **********

PARAMETROS INICIAIS DO POVOAMENTO

POVOAMENTO NÃO DESBASTADO

SI = 18 HD = 6.1

TP = 2500

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO NAO DESBASTADO

IDADE = 10 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 6.1 DIAMETRO MEDIO = 7.2

PARAM. DE WEIBUL: A = 0.65 B = 6.66 C = 2.15

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	1194.7	2.5	1.4	1.52	0.00	0.00
10	575.0	4.0	4.6	5.62	3.12	0.00
15	56.7	0.9	6.8	1.55	1.28	0.00
20	1.1	0.0	8.3	0.06	0.06	0.00
1827.5	7.4	2.6	8.75	4.45	0.00	

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 15 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 8.7 DIAMETRO MEDIO = 10.7

PARAM. DE WEIBUL: A = 0.65 B =10.37 C = 2.30

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	584.8	1.4	1.6	0.82	0.00	0.00
10	772.7	6.1	5.3	8.25	4.29	0.00
15	383.3	6.4	7.8	11.62	9.47	0.00
20	79.5	2.3	9.6	4.90	4.47	0.00
25	7.0	0.3	10.8	0.73	0.70	0.00
1827.2	16.5	4.8	26.32	18.93	0.00	

DESBASTE MECANICO : RETIRADO 33.3%

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 15 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 8.7 DIAMETRO MEDIO = 10.7

PARAM. DE WEIBUL: A = 0.65 B =10.37 C = 2.30

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	389.9	0.9	1.6	0.56	0.00	0.00
10	515.1	4.0	5.4	5.61	2.87	0.00
15	255.5	4.3	8.1	7.93	6.45	0.00
20	53.0	1.5	9.8	3.35	3.06	0.00
25	4.6	0.2	11.1	0.50	0.48	0.00
	1218.2	11.0	5.0	17.95	12.86	0.00

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 20 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 10.8 DIAMETRO MEDIO = 14.0

PARAM. DE WEIBUL: A = 1.39 B =13.31 C = 2.95

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	116.9	0.3	1.8	0.18	0.00	0.00
10	424.0	3.6	5.9	4.88	2.40	0.00
15	466.5	8.1	8.7	15.46	12.50	0.00
20	186.0	5.5	10.7	12.64	11.52	0.00
25	24.1	1.1	12.0	2.82	2.68	0.00
30	0.8	0.1	13.0	0.15	0.09	0.05
	1218.3	18.7	7.4	36.12	29.20	0.05

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 25 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 12.5 DIAMETRO MEDIO = 16.5

PARAM. DE WEIBUL: A = 1.45 B =16.03 C = 3.50

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	39.5	0.1	1.9	0.06	0.00	0.00
10	250.4	2.2	6.2	3.01	1.43	0.00
15	482.2	8.7	9.3	16.83	13.56	0.00
20	355.4	10.8	11.3	25.61	23.33	0.00
25	85.7	3.9	12.8	10.66	10.16	0.00
30	5.0	0.3	13.8	0.97	0.60	0.35
	1218.3	26.1	9.3	57.14	49.08	0.35

DESBASTE SELECTIVO : AREA BASAL RESIDUAL = 20.0

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 25 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 12.5 DIAMETRO MEDIO = 16.6

PARAM. DE WEIBUL: A = 1.91 B =15.68 C = 3.48

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	25.0	0.1	1.9	0.04	0.00	0.00
10	182.0	1.6	6.3	2.21	1.05	0.00
15	367.7	6.6	9.4	13.03	10.49	0.00
20	275.9	8.4	11.5	20.23	18.43	0.00
25	66.1	3.0	13.0	8.38	7.98	0.00
30	3.7	0.2	14.1	0.74	0.45	0.27
	920.4	20.0	9.5	44.63	38.40	0.27

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 30 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 13.9 DIAMETRO MEDIO = 19.1

PARAM. DE WEIBUL: A = 2.24 B =18.00 C = 3.75

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	9.0	0.0	2.0	0.01	0.00	0.00
10	96.0	0.9	6.6	1.20	0.56	0.00
15	277.9	5.1	9.9	10.22	8.21	0.00
20	343.8	10.8	12.0	26.29	23.95	0.00
25	167.7	7.9	13.6	22.25	21.21	0.00
30	25.2	1.7	14.7	5.19	3.15	1.90
35	0.8	0.1	15.5	0.24	0.09	0.15
	920.5	26.4	11.1	65.41	57.16	2.05

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 35 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 15.2 DIAMETRO MEDIO = 21.2

PARAM. DE WEIBUL: A = 3.06 B =19.37 C = 3.89

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
5	3.0	0.0	2.1	0.00	0.00	0.00
10	51.5	0.5	6.8	0.66	0.30	0.00
15	196.7	3.7	10.2	7.47	5.99	0.00
20	335.0	10.7	12.5	26.54	24.18	0.00
25	256.2	12.3	14.0	35.33	33.69	0.00
30	72.4	4.9	15.2	15.56	9.36	5.78
35	5.6	0.5	16.1	1.74	0.66	1.06
	920.4	32.5	12.3	87.31	74.17	6.84

DESBASTE SELECTIVO : AREA BASAL RESIDUAL = 20.0

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 35 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 15.2 DIAMETRO MEDIO = 22.2

PARAM. DE WEIBUL: A = 3.92 B =19.54 C = 4.13

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
10	16.5	0.2	7.0	0.22	0.10	0.00
15	86.1	1.6	10.5	3.35	2.69	0.00
20	184.3	5.9	12.8	15.03	13.70	0.00
25	170.7	8.2	14.4	24.29	23.17	0.00
30	54.6	3.7	15.6	12.13	7.24	4.57
35	4.2	0.4	16.5	1.34	0.50	0.82
	516.3	20.0	13.1	56.36	47.38	5.39

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 40 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 16.2 DIAMETRO MEDIO = 24.8

PARAM. DE WEIBUL: A = 4.19 B =22.03 C = 3.95

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
10	10.6	0.1	7.2	0.14	0.06	0.00
15	55.1	1.0	10.7	2.19	1.75	0.00
20	131.5	4.3	13.1	10.96	9.99	0.00
25	171.3	8.4	14.7	24.96	23.81	0.00
30	113.2	7.8	16.0	25.78	15.29	9.81
35	31.9	2.9	16.9	10.54	3.90	6.47
40	3.0	0.4	17.6	1.37	0.33	1.02
	516.5	25.0	14.1	75.94	55.13	17.30

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 45 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 17.2 DIAMETRO MEDIO = 27.1

PARAM. DE WEIBUL: A = 5.16 B =23.47 C = 3.97

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
10	5.1	0.0	7.3	0.07	0.03	0.00
15	33.6	0.6	10.9	1.36	1.08	0.00
20	95.4	3.1	13.3	8.11	7.39	0.00
25	155.6	7.7	15.0	23.16	22.10	0.00
30	144.6	10.1	16.3	33.71	19.86	12.96
35	68.1	6.4	17.2	23.06	8.46	14.22
40	13.6	1.6	18.0	6.32	1.53	4.72
45	0.9	0.1	18.6	0.56	0.09	0.46
	516.8	29.8	15.1	96.34	60.55	32.36

DESBASTE SELECTIVO : AREA BASAL RESIDUAL = 20.0

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 45 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 17.2 DIAMETRO MEDIO = 28.4

PARAM. DE WEIBUL: A = 6.19 B =23.77 C = 4.48

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
10	0.8	0.0	7.5	0.01	0.00	0.00
15	10.3	0.2	11.1	0.42	0.34	0.00
20	42.2	1.4	13.6	3.67	3.35	0.00
25	91.4	4.6	15.3	13.95	13.32	0.00
30	105.7	7.4	16.6	25.31	14.80	9.85
35	55.1	5.2	17.6	19.16	6.96	11.89
40	9.7	1.2	18.3	4.67	1.12	3.50
	315.3	19.9	15.9	67.20	39.89	25.23

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 50 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 18.0 DIAMETRO MEDIO = 31.2

PARAM. DE WEIBUL: A = 6.83 B =26.06 C = 3.92

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
10	0.8	0.0	7.6	0.01	0.00	0.00
15	8.5	0.2	11.3	0.36	0.28	0.00
20	30.7	1.0	13.7	2.70	2.47	0.00
25	64.5	3.2	15.5	9.98	9.52	0.00
30	88.0	6.3	16.8	21.35	12.43	8.36
35	75.6	7.2	17.8	26.67	9.65	16.60
40	37.2	4.6	18.5	18.13	4.32	13.62
45	9.2	1.4	19.2	5.96	0.98	4.94
50	1.0	0.2	19.7	0.82	0.10	0.72
	315.6	24.1	16.6	85.97	39.75	44.23

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 55 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 18.8 DIAMETRO MEDIO = 33.7

PARAM. DE WEIBUL: A = 7.64 B =27.89 C = 3.95

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
15	4.9	0.1	11.4	0.20	0.16	0.00
20	20.1	0.7	13.9	1.79	1.63	0.00
25	47.5	2.4	15.7	7.44	7.10	0.00
30	75.7	5.4	17.0	18.61	10.79	7.33
35	82.0	7.9	17.9	29.33	10.55	18.30
40	56.9	7.1	18.7	28.08	6.65	21.13
45	23.0	3.6	19.4	15.04	2.45	12.48
50	4.8	0.9	19.9	4.03	0.47	3.54
	314.9	28.0	17.3	104.52	39.82	62.78

DESBASTE SELECTIVO : AREA BASAL RESIDUAL = 20.0

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO APOS DESBASTE

IDADE = 55 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 18.8 DIAMETRO MEDIO = 35.3

PARAM. DE WEIBUL: A = 8.86 B =28.28 C = 4.63

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
15	0.8	0.0	11.6	0.04	0.03	0.00
20	6.0	0.2	14.1	0.55	0.50	0.00
25	20.8	1.1	15.9	3.32	3.17	0.00
30	44.7	3.2	17.2	11.22	6.46	4.47
35	61.4	5.9	18.3	22.48	8.02	14.10
40	48.9	6.1	19.1	24.72	5.80	18.66
45	19.0	2.9	19.7	12.71	2.05	10.57
50	2.8	0.5	20.2	2.43	0.28	2.13
	204.4	20.0	18.0	77.46	26.31	49.93

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO
IDADE = 60 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 19.4 DIAMETRO MEDIO = 38.2

PARAM. DE WEIBUL: A =10.85 B =29.38 C = 3.70

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
15	0.8	0.0	11.6	0.04	0.03	0.00
20	5.7	0.2	14.2	0.52	0.48	0.00
25	16.9	0.9	16.0	2.72	2.60	0.00
30	32.9	2.4	17.3	8.32	4.78	3.33
35	46.2	4.5	18.4	17.03	6.06	10.70
40	47.1	5.9	19.2	23.98	5.61	18.12
45	33.6	5.3	19.8	22.71	3.65	18.90
50	15.8	3.1	20.3	13.76	1.58	12.11
55	4.6	1.1	20.8	4.99	0.42	4.55
60	0.7	0.2	21.2	1.00	0.06	0.93
	204.4	23.4	18.5	95.07	25.27	68.63

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 65 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 20.0 DIAMETRO MEDIO = 40.9

PARAM. DE WEIBUL: A =10.85 B =32.28 C = 3.83

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
20	3.6	0.1	14.3	0.33	0.30	0.00
25	11.5	0.6	16.1	1.86	1.77	0.00
30	24.2	1.7	17.4	6.17	3.54	2.48
35	38.1	3.7	18.5	14.16	5.02	8.91
40	45.7	5.7	19.3	23.42	5.46	17.72
45	40.7	6.4	19.9	27.71	4.44	23.07
50	25.8	5.0	20.4	22.62	2.59	19.92
55	11.0	2.6	20.9	12.08	1.02	11.02
60	2.9	0.8	21.3	3.94	0.25	3.68
	203.5	26.7	19.0	112.30	24.39	86.79

CARACTERISTICAS DO POVOAMENTO PROJECTADO

IDADE = 70 CLASSE DE QUALIDADE = 18

ALT. DOMINANTE = 20.6 DIAMETRO MEDIO = 43.4

PARAM. DE WEIBUL: A =11.65 B =34.12 C = 3.84

(Volumes sem casca, corte a 0.15m)

DAP	N.ARV.	AREA BASAL	ALTURA	VOL.TOT.	VOL.ROL.	VOL.MAD.
20	2.3	0.1	14.4	0.21	0.19	0.00
25	8.0	0.4	16.2	1.30	1.24	0.00
30	18.1	1.3	17.5	4.65	2.66	1.87
35	30.9	3.0	18.5	11.57	4.09	7.29
40	41.2	5.2	19.4	21.30	4.95	16.13
45	42.6	6.8	20.0	29.25	4.67	24.37
50	33.3	6.5	20.5	29.35	3.35	25.86
55	18.7	4.4	21.0	20.69	1.73	18.88
60	7.1	2.0	21.4	9.73	0.61	9.09
65	1.7	0.6	21.7	2.87	0.14	2.72
	204.0	30.2	19.5	130.92	23.64	106.21

Anexo V

Estruturas das receitas.

V.1 SIMULAÇÃO 10/25

1 - *Estrutura das receitas.*

Ano	Classes de aproveitam.	Produtos (m3)		R.brutas (1000esc)	
		desbastes	c.final	Desbastes	c.final
10	lenha	1.35	-	0.540	-
	rolaria	1.45	-	5.177	-
	madeira	-	-	-	-
15	lenha	1.02	-	0.408	-
	rolaria	3.12	-	11.138	-
	madeira	-	-	-	-
30	lenha	1.78	-	0.712	-
	rolaria	12.71	-	45.375	-
	madeira(0.30)	0.08	-	0.492	-
	(0.35)	0.01	-	0.081	-
40	lenha	1.71	4.47	0.684	1.788
	rolaria	23.88	74.11	85.282	264.573
	madeira(0.30)	3.00	14.29	18.441	87.841
	(0.35)	2.04	12.87	16.605	104.762
	(0.40)	0.93	3.24	9.821	34.214
50	lenha	0.93	2.62	0.372	1.048
	rolaria	16.78	52.58	59.904	187.711
	madeira(0.30)	3.38	10.32	20.777	63.437
	(0.35)	3.89	22.45	31.665	182.743
	(0.40)	2.07	20.97	21.859	221.443
	(0.45)	1.91	9.14	25.613	122.567
	(0.50)	0.87	1.70	14.516	28.364
60	lenha	0.53	1.58	0.212	0.632
	rolaria	10.87	34.10	38.806	121.737
	madeira(0.30)	2.11	4.21	12.970	25.879
	(0.35)	4.71	13.86	38.339	112.820
	(0.40)	4.19	24.19	44.246	255.446
	(0.45)	1.49	26.15	19.981	350.672
	(0.50)	1.48	17.43	24.694	280.820
	(0.55)	2.14	6.79	43.635	138.448
	(0.60)	1.43	1.43	35.064	35.064
70	lenha	-	0.14	-	0.056
	rolaria	-	21.72	-	77.541
	madeira(0.30)	-	1.37	-	8.421
	(0.35)	-	5.72	-	46.561
	(0.40)	-	13.54	-	142.982
	(0.45)	-	22.34	-	299.579
	(0.50)	-	26.90	-	448.827
	(0.55)	-	23.58	-	480.796
	(0.60)	-	14.68	-	359.953
	(0.65)	-	6.26	-	182.040
	(0.70)	-	1.75	-	59.615

V.2 SIMULAÇÃO 15/25

2 - *Estrutura das receitas.*

Ano	Classes de aproveitam.	Produtos (m3)		R.brutas (1000esc)	
		desbastes	c.final	Desbastes	c.final
15	lenha	2.30	-	0.920	-
	rolaria	6.07	-	21.670	-
	madeira	-	-	-	-
25	lenha	1.49	-	0.596	-
	rolaria	8.89	-	31.737	-
	madeira(0.30)	0.07	-	0.430	-
35	lenha	2.12	-	0.846	-
	rolaria	18.36	-	65.545	-
	madeira(0.30)	0.37	-	2.274	-
	(0.35)	0.08	-	0.651	-
40	lenha	-	4.42	-	1.768
	rolaria	-	67.53	-	241.082
	madeira(0.30)	-	11.22	-	68.967
	(0.35)	-	6.39	-	52.013
	(0.40)	-	0.80	-	8.448
45	lenha	1.59	-	0.636	-
	rolaria	22.69	-	81.003	-
	madeira(0.30)	2.87	-	17.641	-
	(0.35)	1.78	-	14.489	-
	(0.40)	0.92	-	9.716	-
50	lenha	-	2.69	-	1.076
	rolaria	-	52.21	-	186.39[illegible]
	madeira(0.30)	-	11.46	-	70.442
	(0.35)	-	19.53	-	158.971
	(0.40)	-	12.67	-	133.803
	(0.45)	-	3.27	-	43.848
55	lenha	0.89	-	0.356	-
	rolaria	16.25	-	58.013	-
	madeira(0.30)	3.42	-	21.022	-
	(0.35)	3.65	-	29.710	-
	(0.40)	1.69	-	17.847	-
	(0.45)	1.78	-	23.868	-
	(0.50)	0.84	-	14.016	-
60	lenha	-	1.68	-	0.672
	rolaria	-	35.74	-	127.592
	madeira(0.30)	-	5.69	-	34.975
	(0.35)	-	16.36	-	133.168
	(0.40)	-	23.42	-	247.329
	(0.45)	-	19.14	-	256.649
	(0.50)	-	8.75	-	145.996
	(0.55)	-	2.09	-	42.613
70	lenha	-	1.57	-	0.628
	rolaria	-	34.22	-	122.165
	madeira(0.30)	-	3.69	-	22.682
	(0.35)	-	13.06	-	106.306
	(0.40)	-	25.25	-	266.655
	(0.45)	-	31.44	-	421.580
	(0.50)	-	25.39	-	423.637
	(0.55)	-	12.76	-	260.164
	(0.60)	-	3.73	-	91.707

V.3 SIMULAÇÃO 15/20

3 - *Estrutura das receitas.*

Ano	Classes de aproveitam	Produtos (m3)		R brutas (1000esc)	
		desbastes	c final	Desbastes	c.final
15	lenha	2 30	-	0.920	-
	relaria	6 10	-	21.777	-
	madeira	-	-	-	-
25	lenha	1.75	-	0.700	-
	relaria	10 68	-	38.128	-
	madeira(0 30)	0 08	-	0.492	-
35	lenha	2.71	-	1.084	-
	relaria	26.79	-	96.840	-
	madeira(0 30)	1.21	-	7.438	-
	(0.35)	0 24	-	1.964	-
40	lenha	-	3 61	-	1.404
	relaria	-	55.13	-	196 814
	madeira(0 30)	-	9.81	-	54.768
	(0.35)	-	8.47	-	52.664
	(0 40)	-	1.02	-	10.772
45	lenha	1.38	-	0.540	-
	relaria	20 66	-	73.756	-
	madeira(0.30)	3.11	-	19.117	-
	(0.35)	2.33	-	18 968	-
	(0.40)	1.22	-	12.884	-
	(0.45)	0.48	-	6.168	-
50	lenha		1.09	-	0.798
	relaria	-	36.75	-	141.907
	madeira(0 30)	-	8.36	-	51.387
	(0 35)	-	18 60	-	138.122
	(0 40)	-	13 62	-	143 838
	(0.45)	-	4.94	-	66.241
	(0.50)	-	0.72	-	12.013
55	lenha	6.70	-	0 280	-
	relaria	13.51	-	48 231	-
	madeira(0 30)	2 86	-	17 580	-
	(0 35)	4 20	-	34 187	-
	(0.40)	2.47	-	26 086	-
	(0 45)	1.91	-	25.611	-
	(0.50)	1.41	-	23.526	-
60	lenha		1.17	-	0.468
	relaria	-	25.27	-	90.214
	madeira(0 30)	-	3.33	-	20.469
	(0.35)	-	10.70	-	87.098
	(0.40)	-	18.12	-	191.358
	(0.45)	-	18.90	-	253 431
	(0 50)	-	12.11	-	202.068
	(0.55)	-	4.55	-	92.770
	(0 60)	-	0.93	-	22.804
70	lenha	-	1 07	-	0.428
	relaria	-	23 64	-	84.395
	madeira(0.30)	-	1.87	-	11.498
	(0.35)	-	7.29	-	50.340
	(0.40)	-	16.13	-	170.432
	(0.45)	-	24.37	-	328.779
	(0.50)	-	25.86	-	431.479
	(0 55)	-	18.85	-	384.945
	(0.60)	-	9.09	-	222.892
	(0.65)	-	2.72	-	79 097